

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 2 (66), 2022

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки

- технические науки

Группы специальностей:

06.01.00 Агрономия

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2022

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 2 (66), 2022

Branches of science:

- agricultural sciences

- technical sciences

Groups of specialties:

06.01.00 Agronomy

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2022

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

№ 2 (66), 2022

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки
- технические науки

Группы специальностей:

06.01.00 Агрономия
06.02.00 Ветеринария и Зоотехния
05.20.00 Процессы и машины
агроинженерных систем

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

№ 2 (66), 2022

Branches of science:

- agricultural sciences
- technical science

Specialty groups:

06.01.00 Agronomy
06.02.00 Veterinary and Animal
Science
05.20.00 Processes and machines of
agroengineering systems

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 2 (66), 2022

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 – Шанров М.Н., доктор технических наук, профессор, председатель редакционного совета, Волгоградский ГАУ

Заместители главного редактора:

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

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

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 2 (66), 2022

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 - M.N. Shaprov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University.

Deputy chief editor:

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Head of the Center for Scientometrics Analysis and International Indexing Systems, Deputy Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University

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

**Международный редакционный совет
научного журнала**

Главный редактор – Шанров М.Н., доктор технических наук, профессор, председатель редакционного совета, Волгоградский ГАУ

Заместитель главного редактора – Фомин С.Д., д.т.н., зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, зам. председателя редакционного совета, Волгоградский ГАУ
<http://www.volgau.com/izvestiya>

Заместитель главного редактора – Бочарников В.С., д.т.н., Ученый секретарь Волгоградского ГАУ

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

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

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

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

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsb.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/>

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

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor in Chief - M.N. Shaprov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University

Deputy Editor in Chief - Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometrics Analysis and International Indexing Systems, Deputy Chairman of the Editorial Board, Volgograd State Agrarian University

Deputy editor in chief - Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, 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, Germany

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)

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

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

Рулєв А.С., академик РАН,
Волгоградский государственный университет
<http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

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

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Сулаймонов Б.А., академик АН РУз, доктор биологических наук, ректор Ташкентского государственного аграрного университета, г. Ташкент (Узбекистан)
<http://agriculture.uz/ru.php?/scientists/detail/28>

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

Шаговнович Драган А., директор Института экономики, Белград (Сербия)
<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf>

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономических наук, профессор экономики сельского хозяйства и кооперативов, заведующий кафедрой экономики сельского хозяйства и рынка Белградского университета, председатель Общества агроэкономистов Сербии (Сербия)
<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/miladin-sevarlic-eng.pdf>

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

Щедрин В.Н., академик РАН, доктор технических наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)
<http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich->

Rulev A.S., Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd State University

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

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

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

Shchedrin V.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Research Institute for Problems of Land Reclamation

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

Редакционная коллегия научного журнала

Editorial Board of the Scientific Journal

06.01.00 Агрономия

06.01.00 Agronomy

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

06.01.01 General agriculture, crop production

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА

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

Кимсанбаев О.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, компания «Ajlan and Bros. Holding group», Эр-Рияд (Саудовская Аравия)

Kimsanbaev O.Kh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Expert of «Ajlan and Bros. Holding group», Riyadh (Saudi Arabia)

Беленков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, РГАУ-МСХА

Belenkov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

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

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

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

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, с.н.с., директор НИИ перспективных технологий и инноваций в АПК, Волгоградский ГАУ

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Director of the Research Institute of Advanced Technologies and Innovations in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

Овчинников А.С., академик РАН, д.с.-х.н., профессор, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», Волгоградский ГАУ

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

Бородычев В.В., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор филиала Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова

Borodychhev V.V., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА

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

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

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, с.н.с., директор НИИ перспективных технологий и инноваций в АПК, Волгоградский ГАУ

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

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

Танюкевич В.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова - филиал ДонГАУ

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (технические науки)

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

Бочарников В.С., д.т.н., Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

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

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

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

06.01.04 Агрохимия

Дронова Т.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИОЗ

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 Russian Academy of Sciences, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Director of the Research Institute of Advanced Technologies and Innovations in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian 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

Tanyukevich V.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Novocherkassk Engineering Reclamation Institute named after A.K. Kortunov - branch of Don State Agrarian University

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

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (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, Director, Russian Research Institute for Problems of Land Reclamation

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

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

06.01.04 Agrochemistry

Dronova T.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

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

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

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

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

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants

Кимсанбаев О.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, компания «Ajlan and Bros. Holding group», Эр-Рияд, Саудовская Аравия

Kimsanbaev O.Kh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Expert of «Ajlan and Bros. Holding group», Riyadh (Saudi Arabia)

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

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

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

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

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

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

06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

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

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

Дронова Т.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИОЗ

Dronova T.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

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

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

06.01.07 Защита растений

06.01.07 Plant Protection

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

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

Родин С.А., академик РАН, зам. директора, Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства

Rodin S.A., **Academician of the RAS**, Deputy Director, All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry

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

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

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Дронова Т.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИОЗ

Dronova T.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

06.01.08 Плодоводство, виноградарство

06.01.08 Fruit growing, viticulture

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

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

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

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

Пасхалидис Христос, профессор, Почетный профессор, Технологический образовательный институт, г. Каламата (Греция)

Paschalidis Christ, Professor, Emeritus Professor, Technological Educational Institute Of Kalamata, Kalamata (Greece)

Подковыров И.Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Podkovyrov I.Yu., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.09 Овощеводство

06.01.09 Vegetable-growing

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Всероссийского НИИ орошаемого земледелия

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

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

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

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

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

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных

06.02.01 Diagnostics of diseases and animal therapy, pathology, oncology and animal morphology

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

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

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Ветеринарная клиника доктора Веденева, г. Волжский

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Veterinary Clinic of Doctor Vedeneev, Volzhsky

Дерезина Т.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Донской государственный технический университет

Derezina T.N., Doctor of Veterinary Science, Professor, Don State Technical University

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

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

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

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

06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология

06.02.02 Veterinary microbiology, virology, epizootology, mycology with mycotoxicology and immunology

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Ветеринарная клиника доктора Веденева, г. Волжский

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Veterinary Clinic of Doctor Vedeneev, Volzhsky

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Ветеринарная клиника доктора Веденева, г. Волжский

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

Стекольников А.А., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

06.02.04 Veterinary surgery

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Veterinary Clinic of Doctor Vedenev, Volzhsky

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

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

06.02.05 Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза

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

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

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

06.02.05 Veterinary sanitation, ecology, zoohygiene and veterinary-sanitary examination

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

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

Авдеенко В.С., доктор ветеринарных наук, профессор, Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова

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

Племяшов К.В., член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, директор ВНИИ генетики и разведения животных, Санкт-Петербург

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарская ГСХА

Волохов И.М., доктор биологических наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

Avdeenko V.S., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova

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

Plemyashov K.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Director of the All-Russian Research Institute of Genetics and Animal Breeding, St. Petersburg

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara State Agricultural Academy

Volokhov I.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

Горлов И.Ф., академик РАН, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor of Volga research Institute of production and processing of meat and dairy products

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

Горлов И.Ф., академик РАН, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor of Volga research Institute of production and processing of meat and dairy products

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)

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

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

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

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

Храмцов А.Г., академик РАН, доктор технических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет

Khramtsov A.G., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Caucasian Federal University

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

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)

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

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

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

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

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

Шкаленко В.В., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Shkalenko V.V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

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

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

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

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

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

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

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

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский ГАУ

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

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

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

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

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

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

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

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

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

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, professor, Vice-rector, St. Petersburg State University

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

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

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

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

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

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-01

SCIENTIFIC BASED PARAMETERS OF SPRING AGROCOENOSIS OF SOFT WHEAT IN DRID CONDITIONS OF THE ORENBURG URALS

I. N. Besaliev, A. L. Panfilov, R. R. Abdrashitov

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg

Received 05.03.2022

Submitted 29.04.2022

The studies were carried out in accordance with the research plan for 2021-2030.

"Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences" on the topic (No. 0526-2022-0014)

Summary

The manuscript presents the results of calculations of the relationship between the parameters of the formation of agrocenosis and the productivity of spring soft wheat plants (number of shoots, number of plants to harvest, productive tillering coefficient, aboveground biomass to harvest, plant height, number of spikelets in an ear, number of grains in ear, grain weight per ear) with the yield of this crop in the arid conditions of the Orenburg Cis-Urals.

Abstract

Introduction. In the main regions cultivating spring wheat in recent years, there has been an increase in the aridity of the climate. The negative impact of drought is manifested through a reduction in the duration of the growing season, a decrease in photosynthesis, as well as a direct negative impact on grain filling. As a result, there is a decrease in the density of plant standing, their height, as well as the productivity of an individual plant. **Object.** Varieties of spring soft wheat of various origin served as the object of research. **Materials and methods.** The study used data from field experiments on the study of spring wheat varieties in the Orenburg Urals against the background of various methods of basic tillage (mold-board plowing and subsurface loosening of plowing). Mathematical data processing was performed by the method of single-factor nonlinear correlation-regression analysis using a library of 34 algebraic functions, including, among other things: polynomial and exponential functions, as well as dispersion analysis of experimental results. Coefficients of correlative relations and equations of correlations of productivity with the studied indicators are given. **Results and conclusions.** Data were obtained on a high correlation between the yield of spring soft wheat and the productivity of its agrocenosis. The highest degree of connection ($r = 0,901 - 0,956$) was obtained with indicators that determine the density of agrocenosis from the beginning of the formation of a crop (number of seedlings), its implementation into the final agrocenosis (coefficient of seedlings realization) and the number of productive stems formed by the end of the growing season. In order to form in arid conditions the studied zone of productivity of spring soft wheat within 2.00 tons per 1 ha, it is necessary to obtain seedlings of this crop in the amount of 389 pcs. per 1 sq. m., with their implementation in the final agrocenosis by 98.9% with the receipt of at least 352 pieces for harvesting. plants per 1 sq. m. The coefficients of correlation-regression relationships of spring wheat grain yield with plant productivity indicators are higher than with agro-cenosis productivity indicators. The most complete agrocenosis of spring soft wheat in the studied zone is formed by the varieties Tulaikovskaya golden and Ulyanovska 105 both in terms of the number of plants per unit area for harvesting and in terms of ear productivity. The Uchitel variety has the corresponding indicators below. The yield of spring soft wheat in the conditions of the Orenburg Urals is closely related to the indicators that determine both the density of the stem and the productivity of the ear. Taking into account the increase in aridity of vegetation conditions during the formation of an optimal agrocenosis of spring wheat, it is possible to obtain a yield of cultivated varieties up to 2.00 - 2.20 tons per 1 ha.

Key words: *spring soft wheat, Orenburg Urals, productivity, correlation, agrocenosis, ear, productivity indicators.*

Citation. Besaliev I.N., Panfilov A.L., Abdrashitov R.R. Scientific-based parameters of spring agro-cenosis of soft wheat in drid conditions of the Orenburg Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 14-22 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-01.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in planning, performing experiments and analyzing the results. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 633.111.1«321»:631.524(470.56)

НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЕ ПАРАМЕТРЫ АГРОЦЕНОЗА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРИУРАЛЬЯ

И. Н. Бесалиев, доктор сельскохозяйственных наук

А. Л. Панфилов, кандидат сельскохозяйственных наук

Р. Р. Абдрашитов, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 05.03.2022

Дата принятия к печати 29.04.2022

*Исследования проведены в соответствии с планом НИР на 2021-2030 гг.
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук» по теме (№0526-2022-0014)*

Аннотация. В рукописи представлены результаты расчётов связи параметров формирования агроценоза и продуктивности растений яровой мягкой пшеницы (количество всходов, количество растений к уборке, коэффициент продуктивного кущения, надземная биомасса к уборке, высота растений, число колосков в колосе, число зерна в колосе, масса зерна с колоса) с урожайностью данной культуры в засушливых условиях Оренбургского Приуралья. **Актуальность.** В основных регионах, возделывающих яровую пшеницу, в последние годы отмечается усиление засушливости климата. Негативное влияние засухи проявляется в сокращении продолжительности периода вегетации, снижении фотосинтеза, а также в прямом негативном воздействии на налив зерна. В результате наблюдается снижение густоты стояния растений, их высоты, а также продуктивности отдельного растения. **Объект.** Объектом исследований послужили сорта яровой мягкой пшеницы различного происхождения. **Материалы и методы.** В исследовании использовались данные полевых опытов по изучению сортов яровой пшеницы в Оренбургском Приуралье на фоне различных приёмов основной обработки почвы (отвальная вспашка и безотвальное рыхление зяби). Выполнена математическая обработка данных методом однофакторного нелинейного корреляционно-регрессионного анализа с использованием библиотеки из 34 алгебраических функций, включающих в себя в том числе: полиномиальные и показательные функции, а также дисперсионный анализ результатов опытов. Приводятся коэффициенты коррелятивных отношений и уравнения связей урожайности с изученными показателями. **Результаты и выводы.** Получены данные о высокой коррелятивной связи урожайности яровой мягкой пшеницы с показателями продуктивности её агроценоза. Наибольшая степень связи ($r = 0,901 - 0,956$) получена с показателями, определяющими плотность агроценоза с начала формирования посева (число всходов), его реализацию в конечный агроценоз (коэффициент реализации всходов) и числом продуктивных стеблей, сохранившихся к концу вегетации. Для формирования в засушливых условиях изучаемой зоны урожайности яровой мягкой пшеницы в пределах 2,00 т с 1 га необходимо получение всходов данной культуры в количестве 389 шт. на 1 кв. м., с реализацией их в конечном агроценозе на 98,9 % с получением к уборке не менее 352 шт. растений на 1 кв. м. Коэффициенты корреляционно-регрессионных связей урожайности зерна яровой пшеницы с показателями продуктивности растений выше, чем с показателями продуктивности агроценоза. Наиболее полноценный агроценоз яровой мягкой пшеницы в изучаемой зоне формируют сорта Тулайковская золотистая и Ульяновская 105 как по количеству

растений на единице площади к уборке, так и по показателям продуктивности колоса. У сорта Учитель соответствующие показатели ниже. Урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья тесно связана с показателями, определяющими как густоту стеблестоя, так и продуктивность колоса. С учётом нарастания засушливости условий вегетации при формировании оптимального агроценоза яровой пшеницы возможно получение урожайности возделываемых сортов до 2,00 – 2,20 т с 1 га.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, урожайность яровой мягкой пшеницы, агроценозы яровой пшеницы, показатели продуктивности яровой пшеницы.

Цитирование. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Абдрашитов Р. Р. Научно обоснованные параметры агроценоза яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Приуралья. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 14-22. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-01.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние годы нарастание засушливости является преобладающей тенденцией климатических условий в основных зерносеющих регионах страны.

В Оренбургском Приуралье за последние годы (2011-2021 гг.) число лет с гидротермическим коэффициентом (ГТК) мая от 0,02 до 0,35 ед. составило 58,3 %, с ГТК от 0,59 до 0,60 ед. 25,0% лет; в оставшиеся 17,7% лет ГТК данного месяца составлял 0,95 - 0,98 ед. В июне за рассматриваемый временной промежуток в 58,3 % лет ГТК было от 0,19 до 0,36 ед. и в 41,7% лет в пределах 0,50 – 0,66 ед. Гидротермические условия июля в 83,3 % лет характеризуются показателями ГТК от 0,04 до 0,43 ед. и 2 года (16,7% лет) 1,06 – 1,36 ед. В целом условия периода вегетации яровой пшеницы в изучаемой зоне укладываются по классификации Селянинова Г.Т. (1966) в 41,7 % лет в рамки «сухие» и в 58,3 % лет их можно рассматривать как «очень засушливые».

Налицо возрастание числа лет с резко неблагоприятными условиями вегетационного периода, оказывающими подавляющее действие на формирование продуктивности посевов от появления всходов до полного формирования урожая.

Отрицательное влияние засухи проявляется в сокращении продолжительности периода вегетации [11], снижении интенсивности фотосинтеза [10], а также в прямом негативном влиянии на налив зерна [11], что свидетельствует о чувствительности зерновых культур к неблагоприятным воздействиям засушливости во время как вегетативной, так и репродуктивной фаз вегетации [9]. В результате наблюдается снижение густоты стояния растений, их высоты, а также продуктивности отдельного растения. Для культуры яровой твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья ранее [2] определены научно обоснованные параметры связи продуктивности яровой твёрдой пшеницы с факторами погоды за вегетационный период при посеве по различным предшественникам. Установлено, что по мере ухудшения условий, создаваемых предшествующей культурой, возрастает роль слагаемых плотности агроценозов. В этих же условиях выявлено [3], что при раннелетней засухе ведущим структурным элементом урожая зерна выступает плотность продуктивного стеблестоя, а при длительной засухе – масса 1000 зёрен главного колоса.

Для условий Нижнего Поволжья [7] показана наибольшая связь элементов структуры урожая яровой пшеницы с продуктивностью при возделывании по отвалено обработанной зяби.

Для условий Северного Казахстана адаптивность сортов яровой пшеницы определяется озернёностью колоса ($r = 0,86 \pm 0,13$), массой 1000 зерен ($r = 0,76 \pm 0,12$) [8]. В лесостепи Самарской области изучение корреляционных связей урожайности сортообразцов

яровой мягкой пшеницы показало наличие положительной, но менее значительной связи с некоторыми элементами продуктивности: коэффициентом продуктивного кущения ($r = 0,22$), числом зёрен в колосе ($r = 0,24$), массой 1000 зёрен ($r = 0,42$) [6]. В условиях Тюменской области [4] в различные по благоприятности годы исследований значительной вариации (коэффициент вариации (CV) 20-22 %), были подвержены такие показатели продуктивности, как масса зерна с колоса, масса 1000 зёрен, длина стебля, и практически не изменялись – число зёрен в колосе и длина колоса (CV = 2-3 %). Изучение влияния элементов структуры урожая яровой твёрдой пшеницы на её продуктивность при выращивании в Ростовской области показало наличие тесных корреляционных связей урожайности с массой зерна с колоса ($r = 0,92-0,96$) и числом зёрен в колосе ($r = 0,85-0,96$) [5].

Целью исследований было изучение зависимости урожайности яровой мягкой пшеницы от показателей продуктивности агроценоза (количество всходов, количество растений к уборке, коэффициент кущения), а также продуктивности растения (высота растения, число колосков в колосе, число зёрен в колосе и др.) в условиях нарастания засушливости климата.

Материалы и методы. Материалом для анализа служили данные полевых опытов по изучению сортов яровой мягкой пшеницы в Оренбургском Приуралье на фоне различных приёмов основной обработки почвы (вспашка и безотвальное рыхление зяби). Закладка полевых опытов и проведение анализов выполнено в соответствии с методиками Б. А. Доспехова и Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

В 2017 году погодные условия проведения опытов отличались благоприятностью, когда средняя температура воздуха периода вегетации была в пределах нормы ($19,0^{\circ}\text{C}$ при норме $19,5^{\circ}\text{C}$) при снижении в мае на 1°C , а в июне на $2,3^{\circ}\text{C}$ и практическом соответствии норме в июле (выше на $0,6^{\circ}\text{C}$) на фоне достаточного количества осадков в мае – июне (соответственно 97% и 98% от нормы). Гидротермические коэффициенты первых двух месяцев вегетации в 2017 году составили соответственно 0,59 ед. и 0,66 ед., что оказалось достаточным для формирования урожая.

В последующие годы (2018, 2019 и 2020) условия периода вегетации отличались неблагоприятностью как по температурному режиму воздуха, так и по количеству и режиму выпадения осадков. В эти годы отмечался резкий рост температуры воздуха с началом вегетации яровой пшеницы: в мае 2018 г. на $1,4^{\circ}\text{C}$, в 2019 г – на $2,5^{\circ}\text{C}$, в 2020 г – на $1,7^{\circ}\text{C}$ с колебаниями их параметров в июне и значительным возрастанием в июле: в 2018 г – на $5,2^{\circ}\text{C}$ в первой декаде, в 2020 году – на $8,4^{\circ}\text{C}$ во второй декаде. В итоге ГТК мая составил в 2018 году 0,60 ед., в 2019 году 0,18 ед., в 2020 0,60 ед.; ГТК июня соответственно – 0,19 ед. – 0,50 ед. – 0,34 ед. Таким образом, условия вегетации в годы исследований отличались набором самых различных сочетаний температурного режима воздуха и режима выпадения осадков.

Для математического анализа были взяты данные по урожайности сортов яровой мягкой пшеницы, высевавшиеся в опыте в годы исследований: Учитель, Оренбургская 23, Тулайковская золотистая, Ульяновская 105, и результаты по учёту количества всходов, изучения структуры урожая и продуктивности растений.

Математическая обработка данных проводилась методом однофакторного нелинейного корреляционно-регрессионного анализа по методике Фёрстер Э., Рёнц Б. с использованием библиотеки из 34 алгебраических функций, включающих в себя в том числе: полиномиальные и показательные функции. Регрессионный анализ включает в себя метод отыскания параметров регрессионной модели и статистическую обработку данных. Основным методом отыскания параметров регрессионной модели является ме-

тод наименьших квадратов. Суть этого метода заключается в минимизации суммы квадратов отклонений между найденными в опыте значениями параметров оптимизации и предсказываемыми данной моделью.

Если вид математической зависимости между параметрами оптимизации и варьируемым фактором $argi$ (от латинского «до опыта») неизвестен, то часто в качестве регрессионной модели используют полиномы некоторого порядка:

$$Y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots a_kx^k,$$

где k – порядок полинома.

Результаты и обсуждение. Результаты математического анализа по связям урожайности яровой мягкой пшеницы с показателями посевов, определяющими плотность агроценоза, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Связь урожайности яровой мягкой пшеницы с показателями продуктивности агроценоза

Table 1 – Relationship of spring soft wheat yield with agroecosystem productivity indicators

№ п/п	Коррелируемые величины	Параметры величин ($M \pm G$)	v , %	η_{yx}	F	
					факт.	теор.
1	Количество всходов шт. на 1 м^2 , x_1	$\frac{210 - 389}{276 \pm 50,7}$	18,4	-	-	-
2	Урожайность, т с 1 га, y_1	$\frac{0,33 - 2,02}{0,84 \pm 0,52}$	61,9	0,956	10,71	2,32
$y_1 = 16,07 - 0,141 \cdot x_1 + 3,964 \cdot x_1^2 \pm 0,16$, т/га для 91,31% случаев						
3	Коэффициент реализации всходов к уборке, %, x_2	$\frac{61,4 - 98,9}{76,69 \pm 8,60}$	11,22	-	-	-
4	Урожайность, т с 1 га, y_2	$\frac{0,34 - 19,77}{0,84 \pm 0,61}$	72,52	0,908	5,31	2,32
$y_2 = 30,42 - 1,17 \cdot x_2 + 1,137 \cdot x_2^2 \pm 0,26$ т/га для 82,46% случаев						
5	Коэффициент продуктивного кушения, %, x_3	$\frac{0,74 - 1,36}{1,01 \pm 0,17}$	17,05	-	-	-
6	Урожайность, т с 1 га, y_3	$\frac{0,37 - 2,02}{0,84 \pm 0,64}$	76,94	0,804	8,49	2,32
$y_3 = 43,10 - 101,54 \cdot x_3 + 64,70 \cdot x_3^2 \pm 0,22$, т/га для 64,65% случаев						
7	Количество растений к уборке, шт. на м^2 , x_4	$\frac{174 - 352}{249 \pm 47,9}$	19,24	-	-	-
8	Урожайность, т с 1 га, y_4	$\frac{0,36 - 17,25}{0,82 \pm 0,44}$	54,00	0,743	5,08	2,32
$y_4 = -79,44 + 0,671 \cdot x_4 - 1,237 \cdot x_4^2 \pm 0,31$, т/га для 55,18% случаев						
9	Число продуктивных стеблей шт. на м^2 , x_5	$\frac{169 - 375}{271,5 \pm 61,78}$	22,76	-	-	-
10	Урожайность, т с 1 га, y_5	$\frac{0,25 - 2,42}{0,85 \pm 0,56}$	65,62	0,901	10,03	2,29
$y_5 = 0,513 \cdot 1,010^{x_5}$, т/га для 81,18% случаев						
11	Масса снопа, г с м^2 , x_6	$\frac{235 - 695}{389 \pm 154}$	39,6	-	-	-
12	Урожайность, т с 1 га, y_6	$\frac{0,29 - 2,06}{0,84 \pm 0,66}$	78,9	0,819	23,03	2,32
$y_6 = 0,915 - 2,535 \cdot x_6 + 4,82 \cdot x_6^2 \pm 0,14$, т/га для 67,05% случаев						

Полученные данные позволяют сказать о высокой коррелятивной связи урожайности яровой мягкой пшеницы с показателями продуктивности её агроценоза. Наибольшая степень связи ($r = 0,901 - 0,956$) получена с показателями, определяющими плотность агроценоза с начала формирования посева (число всходов), его реализацию в конечный агроценоз (коэффициент реализации всходов) и числом продуктивных стеблей, сохранившимся к концу вегетации.

При изучении графиков, полученных при математической обработке данных, нами получены результаты, определяющие продуктивность посевов максимальным и минимальным значениям урожайности. Так, для формирования в засушливых условиях изучаемой зоны урожайности яровой мягкой пшеницы в пределах 2,00 т с 1 га необходимо получение всходов данной культуры в количестве 389 шт. на 1 кв. м., с реализацией их в конечном агроценозе на 98,9 % с получением к уборке не менее 352 шт. растений на 1 кв. м.

По другим показателям продуктивности агроценоза получены также высокие коэффициенты коррелятивных связей с урожайностью. Так, существенен вклад ($r = 0,819$) показателя масса снопа, определяющего биологическую урожайность агроценоза. В оптимальных условиях при формировании сухой надземной массы растений пшеницы до 695 г с 1 кв. м урожайность составляла более 2,0 тонн с гектара, а при накопленной биомассе до 235 г с 1 кв. м урожайность снижалась до 0,3 т с 1 га. Следует отметить, что по данному показателю получен наибольший коэффициент вариации, что характеризует его значительную изменчивость в зависимости от изученных факторов агротехники и условий вегетации.

Получена достаточно высокая корреляция коэффициента продуктивного кушения с урожайностью яровой пшеницы, и это важно с точки зрения формирования дополнительного урожая. Яровая мягкая пшеница редко формирует дополнительный побег, хотя и в более ранних исследованиях (Бесалиев И. Н., Крючков А. Г.) установлено, что связь между массой зерна с вторичных побегов и общим урожаем зерна у сорта Саратовская 42 на фоне непаровых предшественников сильная ($r = 0,66 - 0,75$). Доля зерна с побегов кушения в формировании продуктивности сортов, по данным Т. А. Барковской и О. В. Гладышевой [1], может достигать в зависимости от условий внешней среды от 10,6 до 48,3 %.

По результатам изучения графиков коррелятивных связей нами установлено, что при коэффициенте продуктивного кушения, равном 1,36 урожайность яровой пшеницы может составлять до 2,47 т с 1 га.

Количество растений к уборке связано с урожайностью изучаемой культуры в средней степени ($r = 0,743$). Графически установлено, что урожайности в 1,75 т с 1 га соответствует формирование к концу вегетации не менее 352 штук растений на 1 кв. м.

Коэффициенты корреляционно-регрессионных связей урожайности зерна яровой пшеницы с показателями продуктивности растений выше, чем с показателями продуктивности агроценоза (таблица 2).

Наибольшая степень связи обнаруживается с массой зерна с колоса, что вполне очевидно показывает важность формирования полноценного колоса в засушливых условиях. По данным анализа графика изученных связей для получения урожайности яровой пшеницы до 2,1 т с 1 га масса зерна с колоса должна быть не менее 0,90 г.

По другим показателям продуктивности растений коэффициенты коррелятивных связей также высокие. Коэффициенты вариаций по таким показателям, как масса зерна с колоса, число зёрен в колосе, высота растений, также существенно превышают коэффициенты вариаций по показателям продуктивности агроценоза.

Таблица 2 – Связь урожайности яровой мягкой пшеницы с показателями продуктивности растений

Table 2 – Relationship of spring soft wheat yield with plant productivity indicators

№ п/п	Коррелируемые величины	Параметры величин ($M \pm G$)	v , %	η_{yx}	F	
					факт.	теор.
1	Высота растений, см, x_1	$\frac{32 - 89}{56 \pm 15,6}$	27,9	-	-	-
2	Урожайность, т с 1 га, y_1	$\frac{0,28 - 2,00}{0,83 \pm 0,64}$	76,6	0,939	7,82	2,32
$y_1 = 5,78 - 0,28 * x_1 + 5,35 - 0,03 * x_1^2 \pm 0,23$, т/га для 88,09% случаев						
3	Число колосков в колосе, шт., x_2	$\frac{10,2 - 16,2}{13,3 \pm 0,53}$	11,5	-	-	-
4	Урожайность, т с 1 га, y_2	$\frac{0,28 - 2,32}{0,84 \pm 0,53}$	63,8	0,942	8,25	2,32
$y_2 = 99,85 - 17,20 * x_2 + 0,77 * x_2^2 \pm 0,18$, т/га для 88,72% случаев						
5	Число зёрен в колосе, шт., x_3	$\frac{6,1 - 30,1}{16,86 \pm 7,7}$	45,89	-	-	-
6	Урожайность, т с 1 га, y_3	$\frac{0,28 - 2,03}{0,84 \pm 0,65}$	77,16	0,922	56,23	2,32
$y_3 = 7,12 - 0,78 * x_3 + 4,24 - 0,02 * x_3^2 \pm 0,09$, т/га для 85,10% случаев						
7	Масса зерна с колоса, г, x_4	$\frac{0,13 - 0,9}{0,43 \pm 0,24}$	56,34	-	-	-
8	Урожайность, т с 1 га, y_4	$\frac{0,26 - 2,07}{0,84 \pm 0,66}$	78,50	0,983	27,15	2,32
$y_4 = 2,75 - 2,32 * x_4 + 27,10 * x_4^2 \pm 0,13$, т/га для 96,57% случаев						

Таблица 3 – Показатели продуктивности агроценоза сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от приёмов основной обработки почвы

Table 3 – Indicators of productivity of agrocenosis of varieties of spring soft millet, depending on the methods of basic tillage

Сорт	Приём основной обработки почвы	Показатели продуктивности агроценоза						
		число растений к уборке, шт./м ²	число продуктивных стеблей, шт./м ²	вес снопа с 1 м ² , г	высота растений, см	число колосков в колосе, шт.	число зёрен в колосе, шт.	масса зерна с колоса, г
Учитель	вспашка	224	208	356	57	11,7	13,4	0,33
	безотвальное рыхление	236	224	358	65	13,2	13,8	0,35
Оренбургская 23	вспашка	253	240	374	61	11,8	14,5	0,44
	безотвальное рыхление	268	254	401	69	12,4	15,5	0,48
Тулайковская золотистая	вспашка	264	255	418	59	12,0	14,4	0,43
	безотвальное рыхление	294	288	448	68	13,8	16,1	0,49
Ульяновская 105	вспашка	289	271	468	63	12,0	13,8	0,43
	безотвальное рыхление	318	308	485	69	14,1	15,1	0,50

Изучение вклада изучаемых факторов в изменение показателей агроценоза и продуктивности растений по результатам дисперсионного анализа показало, что вклад фактора «сорт» по числу растений к уборке составляет 26,4%, числу продуктивных стеблей 27,8%, числу колосков в колосе 19,2%. Вклад фактора «приём обработки почвы» по числу колосков в колосе составил 16,4%.

В условиях изучаемой зоны показатели продуктивности агроценоза яровой пшеницы формируются в зависимости от благоприятности приёмов основной обработки почвы и сортовой специфики (таблица 3).

Наиболее полноценный агроценоз яровой мягкой пшеницы формируют сорта Тулайковская золотистая и Ульяновская 105 как по количеству растений на единице площади к уборке, так и по показателям продуктивности колоса. У сорта Учитель соответствующие показатели ниже.

Выводы. Таким образом, урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья тесно связана с показателями, определяющими как густоту продуктивного стеблестоя, так и продуктивность колоса. С учётом нарастания засушливости условий вегетации при формировании оптимального агроценоза яровой пшеницы возможно получение урожайности возделываемых сортов до 2,00 – 2,20 т с 1 га.

Библиографический список

1. Барковская Т. А., Гладышева О. В. Влияние кущения на урожайность яровой пшеницы в различных агрометеоусловиях. *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 5 (77). С. 57-62.
2. Бесалиев И. Н., Чурбакова С. М. Научно-обоснованные параметры формирования высокопродуктивного агроценоза яровой твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья // Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Оренбург: ООО "Агентство "Пресса", 2017. С. 191-198.
3. Гречишкина О. С., Хутамбирдина Р. Д., Мордвинцев М. П. Величина и структура урожая зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях засухи разного типа // *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104. № 4. С. 217-232.
4. Земцова Е. С., Боме Н. А. Анализ структуры урожая яровой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021. № 2 (62). С. 23-28.
5. Коваленко С. А., Грабовец А. И., Кадушкина В. П. Корреляционные взаимосвязи между урожаем и элементами его структуры у сортов яровой твёрдой пшеницы донской селекции // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. № 5 (67). С. 31-33.
6. Селекционная оценка исходного материала яровой мягкой пшеницы по продуктивности и её элементам / Т. Ю. Таранова [и др.] // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2021. № 5 (170). С. 81-88.
7. Селиванова В. Ю. Оценка влияния метеорологических факторов методом корреляции на формирование структуры урожая яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019. № 3 (55). С. 207-214.
8. Сыздыкова Г. Т., Серeda С. Г., Малицкая Н. В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 1. С. 103-110.
9. Daryanto S., Wang L., Jacinthe P. A. Global Synthesis of Drought Effects on Cereal, Legume, Tuber and Root Crops Production: a review // *Agricultural Water Management*. 2017. V. 179. P. 18-33.
10. Narayanan S. Effects of high temperature stress and traits associated with tolerance in wheat // *Open Access J. Sci.* 2018. V. 2. P. 177-186.
11. Prasad P. V. V., Bheemanahalli R., Jagadish S. V. K. Field crops and the fear of heat stress – Opportunities, challenges and future directions // *Field Crops Research*. 2017. V. 200. P. 114-121.

Информация об авторах

Бесалиев Ишен Насанович, заведующий отделом технологий зерновых и кормовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина 27/1), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8-(3532)-30-83-47, e-mail: orniish_tzk@mail.ru

Панфилов Александр Леонидович, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина 27/1), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-(3532)-30-83-47, e-mail: orniish_tzk@mail.ru

Абдрашитов Ринат Римович, научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина 27/1), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-(3532)-30-83-47, e-mail: _orniish_tzk@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-02

PRODUCTIVITY OF PERENNIAL LEGUMES UNDER IRRIGATION

T. N. Dronova, N. I. Burtseva, E.I. Molokantseva, I. P. Zemtsova, O.V. Golovatyuk

Federal State Budget Scientific Institution

«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd

Received 18.03.2022

Submitted 28.04.2022

Abstract

Introduction. Perennial legumes, regardless of soil and climatic zones and management conditions, serve as a source of valuable high-protein feed for farm animals and a decisive factor in the biologization of agriculture. The expansion of their biodiversity, the study of adaptive properties in the conditions of irrigation of the Lower Volga region, the development of the main elements of the technology of their cultivation of traditional and rare leguminous grasses will solve the problems of forage production in the region, the preservation and reproduction of soil fertility, and the provision of the population with high-quality livestock products. In this regard, the purpose of research conducted in the laboratory of perennial fodder crops of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» is to determine the main parameters for creating highly productive agrophytocenoses of perennial legumes in order to obtain the planned yields of high quality crop products while maintaining soil fertility. **Object.** The object of research is the types of legumes: alfalfa, clover, sainfoin, birds-foot. **Materials and methods.** The material of research in field experiments is the varieties of blue-hybrid, variegated-hybrid and yellow alfalfa, sandy and transcaucasian sainfoin, birds-foot trefoil and clover meadow. The scheme of experiments provides for the application of fertilizers in doses designed to obtain the planned yield levels and three options for maintaining the pre-irrigation threshold of soil moisture. Observations and records were carried out in accordance with the requirements of generally accepted methods of field experience. **Results and conclusions.** The completeness of seedlings of the studied leguminous grasses varied from 43.7 to 49.8%, the death of plants during the growing season of the first year of life was 17.4-30.7%. The greatest thinning over the three years of life was noted for the herbage of yellow alfalfa, sandy sainfoin, birds-foot trefoil and red clover. Optimization of growing conditions had a positive effect on the density of standing and thinning, the lowest indicators were obtained when applying calculated doses of fertilizers and maintaining 70 and 80% moisture threshold. Blue hybrid and variegated alfalfa in the second year of life in the variants without fertilizers formed a yield of 31.7 - 49.0 t / ha, yellow hybrid alfalfa and birds-foot trefoil - 24.4 - 39.2, red clover - 33.0 - 41.3, sainfoin sandy and transcaucasian - 39.3 - 50.5 t / ha of green mass. With the improvement of nutritional conditions due to fertilizers, the yield of grasses increased in comparison with the control by 1.2-1.4 times. An increase in the pre-irrigation threshold of soil moisture also had a positive effect on the formation of biomass: the yield of leguminous grasses increased from 9 to 38% according to the variants of the water regime.

Key words: *irrigation of legumes, clover, birds-foot, sainfoin, yield of green mass.*

Citation: Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E.I., Zemtsova I. P., Golovatyuk O. V. Productivity of perennial legumes under irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 22-30 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-02.

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

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

УДК 633.31/.37

ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ НА ОРОШЕНИИ

Т. Н. Дронова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. И. Молоканцева, кандидат сельскохозяйственных наук

И. П. Земцова, О. В. Головатюк, младшие научные сотрудники

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 18.03.2022

Дата принятия к печати 28.04.2022

Актуальность. Многолетние бобовые травы независимо от почвенно-климатических зон и условий хозяйствования служат источником получения ценных высокобелковых кормов для сельскохозяйственных животных и решающим фактором биологизации земледелия. Расширение их биоразнообразия, изучение адаптивных свойств в условиях орошения Нижнего Поволжья, отработка основных элементов технологии возделывания традиционных и малораспространенных бобовых трав позволит решить проблемы кормопроизводства региона, сохранения и воспроизводства плодородия почвы, обеспечения населения качественной продукцией животноводства. В связи с этим цель исследований, проводимых в лаборатории многолетних кормовых культур ФГБНУ ВНИИОЗ, заключается в определении основных параметров создания высокопродуктивных агрофитоценозов многолетних бобовых трав для получения запланированных урожаев растениеводческой продукции высокого качества при сохранении плодородия почвы. **Объект.** Объектом исследований являются виды бобовых трав: люцерна, клевер, эспарцет, лядвенец. **Материалы и методы.** Материал исследований в полевых опытах – сорта синегибридной, пестрогибридной и желтой люцерны, песчаного и закавказского эспарцета, лядвенца рогатого и клевера лугового. Схемой опытов предусматривается внесение удобрений дозами, рассчитанными на получение запланированных уровней урожайности и трех вариантов поддержания предполивного порога влажности почвы. Наблюдения и учеты проводились согласно требованиям общепринятых методик полевого опыта. **Результаты и выводы.** Полнота всходов изучаемых бобовых трав изменялась от 43,7 до 49,8 %, гибель растений за вегетацию первого года жизни составила 17,4-30,7 %. Наибольшим изреживанием за три года жизни отличались травостои люцерны желтой, эспарцета песчаного, лядвенца рогатого и клевера лугового. Оптимизация условий выращивания положительно повлияла на густоту стояния и изреживания, наименьшие показатели получены при внесении расчетных доз удобрений и поддержании 70 и 80 %-ного порога увлажнения. Люцерна синегибридная и пестрогибридная во второй год жизни в вариантах без удобрений сформировала урожайность 31,7-49,0 т/га, люцерна желтогибридная и лядвенец рогатый – 24,4-39,2, клевер луговой – 33,0-41,3, эспарцет песчаный и закавказский – 39,3-50,5 т/га зеленой массы. При улучшении условий питания за счет удобрений урожайность трав увеличивалась по сравнению с контролем в 1,2-1,4 раза. Повышение предполивного порога влажности почвы также положительно сказывалось на формировании биомассы: урожайность бобовых трав увеличивалась по вариантам водного режима от 9 до 38 %.

Ключевые слова: *орошение бобовых трав, люцерна, клевер, лядвенец, эспарцет, урожайность зеленой массы.*

Цитирование: Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Земцова И. П., Головатюк О. В. Продуктивность многолетних бобовых трав на орошении. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 22-30. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-02.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из важнейших задач развития животноводства является повышение производства высококачественных кормов и снижение их себестоимости. В полеводческом кормопроизводстве выращивают сельскохозяйственные культуры, удовлетворяющие на 60-70 % потребность животных в грубых кормах. К таким культурам относятся многолетние бобовые травы, содержащие незаменимые питательные вещества для животных, имеющие высокую продуктивность и адаптивность. С их помощью возможно решение проблемы кормового белка, а также, наряду с этим, улучшение экологического состояния почвы [4, 7, 8, 10, 12, 14].

В южных районах России в животноводческих хозяйствах для повышения эффективности кормопроизводства возделывают традиционную культуру – люцерну. Корма из нее используются для получения различных видов продукции [1, 3].

Белок люцерны по содержанию незаменимых аминокислот превосходит показатели других многолетних трав. Генетические особенности этой культуры, условия её выращивания и сроки скашивания оказывают влияние на содержание питательных веществ в заготавливаемом корме. Отмечено, что максимальное количество белка содержится в люцерне в фазу начала бутонизации [6].

Для повышения продуктивности кормопроизводства важен вопрос изучения видового разнообразия многолетних трав с целью выделения наиболее урожайных и жаростойких культур для внедрения в производство [2, 5, 9, 11, 13, 15]. Оценка видов и сортов многолетних бобовых трав по хозяйственным признакам имеет особую актуальность в условиях резко континентального климата Нижнего Поволжья.

Целью исследований является изучение видов и сортов многолетних бобовых трав в условиях Волгоградской области и отбор наиболее подходящих образцов многолетних трав, в полной мере использующих биоклиматические ресурсы для формирования высококих и стабильных урожаев биомассы высокого качества.

Материалы и методы. Исследования выполнялись в 2019-2021 гг. на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ. Почвы опытного участка – светло-каштановые тяжелосуглинистые, pH водной вытяжки – 7,0-7,2. В пахотном слое содержится 18,0-22,2 мг общего азота, 20,2-26,7 – подвижного фосфора, 232-290 мг/кг почвы – обменного калия, 1,46-1,72 % – гумуса. Плотность почвы изменяется по горизонтам от 1,30 до 1,44 т/м³, наименьшая влагоемкость активного слоя (0,7 м) – 22,2 %, порозность – 48,5 %.

Материалом исследований были сорта синегибридной, пестрогибридной и желтой люцерны, песчаного и закавказского эспарцета, лядвенца рогатого и клевера лугового, полученные от ведущих научно-исследовательских учреждений России.

В летний период среднемесячная температура воздуха превышала среднемноголетние значения на 1,5-6 °С. Осадки выпадали неравномерно, во все годы исследований август отличался засушливостью: отклонение от среднемесячных значений доходило до -56 – -97 %.

Сеяли бобовые травы весной под покров ячменя. Норма высева люцерны, клевера и лядвенца – 7, эспарцета – 6 млн всхожих семян на 1 га, покровной культуры – 4 млн шт./га. Площадь делянок – 50 м², повторность – четырехкратная.

Влажность почвы на заданном уровне поддерживали вегетационными поливами дождевальнoй машиной Вауег барабанного типа с консолью. Покровную культуру убирали в фазу колошения, бобовые – на зеленый корм и сено в период бутонизации-начала цветения.

Наблюдения, измерения, учеты на опытных делянках осуществляли в соответствии с методическими указаниями по проведению опытов с кормовыми культурами (М.: ВНИИ кормов, 1987). Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием метода дисперсионного анализа (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.) с помощью компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. В первый год жизни на посевах трав было проведено от 7 до 10 поливов. До уборки покровной культуры поливы проводились малыми нормами: от 150 до 250 м³/га. В фазу полных всходов густота стояния бобовых колебалась в среднем от 273 до 380 шт./м². Изреживание многолетних бобовых культур 1 года жизни за вегетационный период составило 17-30 %. Зимние периоды в годы исследований были относительно благоприятными для перезимовки трав, гибель растений не превышала 6,5-8,0 %. В последующие годы в фазу весеннего отрастания густота стояния растений на 1 м² изменялась от 210 до 290 штук люцерны, 220-260 – лядвенца, 240-270 – клевера и 216-276 – эспарцета.

Наиболее высокий травостой в первом укосе сформировал эспарцет песчаный и закавказский (сорта Петушок, Атаманский, Шурави и Розовый 95). Высота растений в вариантах без удобрений при 60 %-ном предполивном пороге влажности почвы составила 0,82-0,85 м, при 70 %-ном – 0,88-0,89 и при 80 %-ном – 0,91-0,94 м. При улучшении питательного режима почвы за счет внесения удобрений высота растений увеличивалась соответственно до 0,93-1,01 м. Люцерна сине- и пестрогибридная (сорта Ростовская 60, Ростовская 90, Люция, Изумруда) к началу цветения достигала высоты 0,69-0,78 м на контроле. С улучшением питательного и водного режимов почвы ее высота доходила до 0,88-0,96 м. Травостой желтой люцерны (сорта Злата и Татьяна) имел высоту по вариантам опыта – 0,53-0,83 м. Высота клевера лугового (сорт Присурский) составляла 0,47-0,68 м, а лядвенца рогатого (сорт Солнышко) – 0,40-0,50 м – в варианте самого низкого предполивного порога (60% НВ) и 0,50-0,59 м – в варианте с 80 %-ным предполивным порогом влажности почвы. Высота травостоя во втором укосе варьировала по вариантам опыта и видам бобовых трав в пределах от 0,32-0,60 до 0,38-0,94 м, в третьем укосе – от 0,18-0,52 до 0,25-0,66 м.

Среди видов многолетних бобовых трав наиболее урожайными были эспарцет, сине- и пестрогибридная люцерна. В наиболее продуктивные, второй и третий годы жизни, они формировали урожайность на уровне 31,7-50,5 т/га зеленой массы на естественном фоне плодородия почвы. В вариантах с внесением удобрений и поддержанием предполивного порога влажности почвы не ниже 70 и 80% НВ урожайность возрастала до 63,2-79,8 т/га. Люцерна желтая характеризовалась более низкой урожайностью: на делянках без удобрений она формировала 24,4-36,4, а в вариантах с улучшенным фоном водного и питательного режимов почвы – 49,9-52,0 т/га зеленой массы. Урожайность клевера лугового и лядвенца рогатого составила 29,1-41,3 – на контрольных делянках и 54,4-69,2 т/га – при внесении удобрений и поддержании более высокого предполивного порога влажности (рисунок 1).

Травы третьего года жизни на контроле формировали урожай зеленой массы на уровне 25,8-37,7, на улучшенном за счет внесения удобрений фоне питания – 49,5-74,0 т/га. Повышение предполивного порога влажности почвы также способствовало улучшению продуктивности изучаемых видов трав (таблица 1).

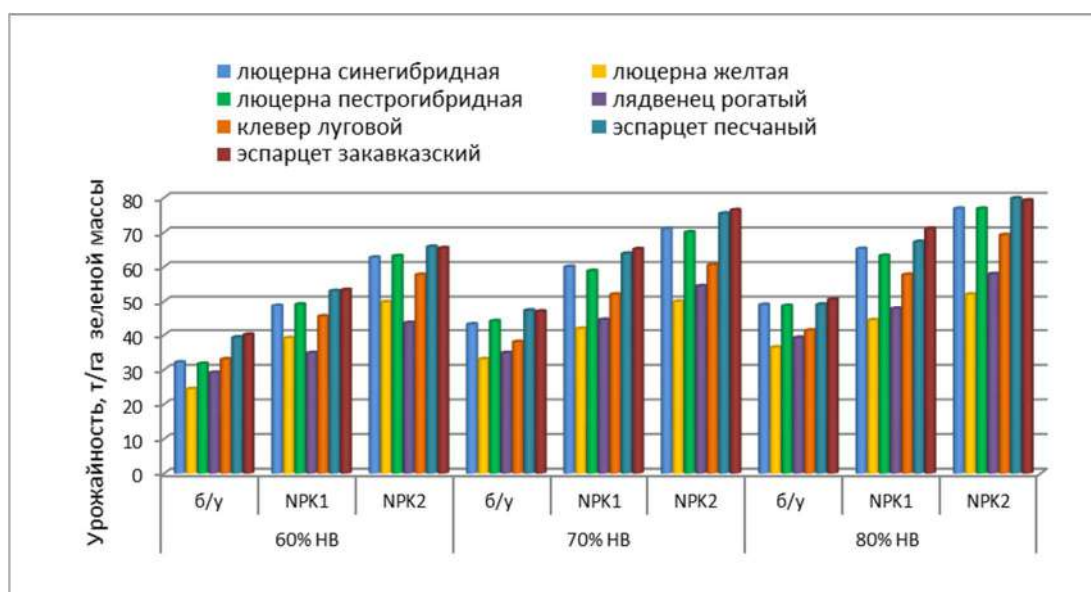


Рисунок 1 – Урожайность многолетних бобовых трав второго года жизни, среднее за 2020-2021 гг.

Figure 1 – Yield of perennial legumes of the second year of life, average for 2020-2021

Таблица 1 – Урожайность бобовых трав третьего года жизни, 2021 г.

Table 1 – Yield of legumes of the third year of life, 2021

Вид, сорт «С»	Пищевой режим почвы «В»	Зеленой массы, т/га	
		Предполивной порог влажности почвы	
		70% НВ «А»	80% НВ «А»
Люцерна синегридная	Без удобрений	30,9	33,0
	НРК ₁	48,0	51,0
	НРК ₂	63,5	67,3
Люцерна желтая	Без удобрений	25,8	28,6
	НРК ₁	36,7	41,9
	НРК ₂	49,5	52,0
Люцерна пестрогибридная	Без удобрений	32,1	34,6
	НРК ₁	47,5	49,4
	НРК ₂	69,8	72,9
Лядвенец рогатый	Без удобрений	29,0	31,0
	НРК ₁	40,1	43,1
	НРК ₂	50,2	55,1
Клевер луговой	Без удобрений	28,5	30,1
	НРК ₁	39,5	43,8
	НРК ₂	53,4	57,6
Эспарцет песчаный	Без удобрений	33,6	35,2
	НРК ₁	50,7	53,9
	НРК ₂	71,6	73,6
Эспарцет закавказский	Без удобрений	35,8	37,7
	НРК ₁	53,5	56,6
	НРК ₂	68,6	74,0

НСП₀₅ А–1,23

В–1,51

С–2,30

По годам исследований доля первого укоса в общем урожае составляла 41,8-52,2 %, второго – 33,4-36,2, третьего – 17,3-26,2 % (рисунок 2).

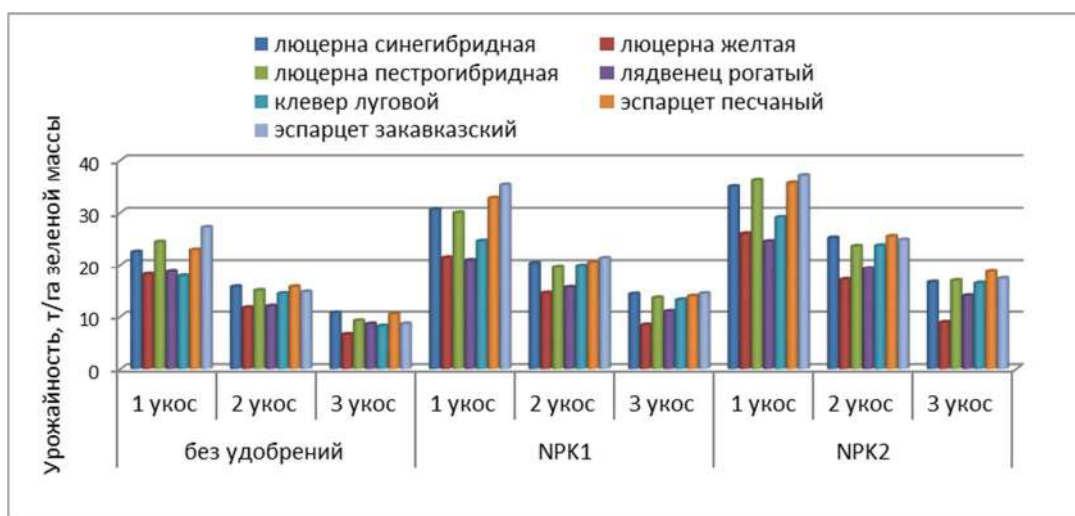


Рисунок 2 – Урожайность многолетних бобовых трав второго года жизни по укосам, среднее за 2020-2021 гг. Вариант поддержания 80 %-ного предполивного порога влажности почвы

Figure 2 – Yield of perennial leguminous grasses of the second year of life by mowing, average for 2020-2021. Option to maintain 80 % pre-irrigation soil moisture threshold

Рассматривая влияние водного и питательного режимов почвы на продуктивность многолетних бобовых трав, можем отметить, что урожайность зеленой массы 40 т/га была сформирована практически всеми видами многолетних бобовых культур на естественном фоне питания при поддержании 70 и 80 %-ного предполивного порога влажности почвы, а эспарцетом песчаным и закавказским – даже при более низком 60 %-ном пороге. Урожайность на уровне 60 т/га была получена на делянках люцерны сине- и пестрогибридной, эспарцетов, клевера лугового и лядвенца рогатого в вариантах поддержания 70 и 80 %-ного порога влажности при улучшенном за счет удобрений фоне питания. Самые высокие урожаи (80 т/га) формировали посеы люцерны сине- и пестрогибридной, эспарцета песчаного и закавказского при внесении NPK_2 и проведении поливов при влажности 80 % НВ (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность бобовых трав второго года жизни при внесении расчетных доз удобрений и поддержании заданных предполивных порогов влажности почвы

Table 2 – Yield of leguminous grasses of the second year of life when applying calculated doses of fertilizers and maintaining the specified pre-watering thresholds of soil moisture

Планируемая урожайность, т/га зеленой массы	Фактическая урожайность, т/га зеленой массы	Отклонение от планируемой урожайности, %	Сочетание факторов		
			предполивной порог влажности почвы	фон питания	культура
1	2	3	4	5	6
40	39,2	-2,00	80 % НВ	без удобрений	лядвенец рогатый
	39,3	-1,75	60 % НВ		эспарцет песчаный
	40,1	+0,25	60 % НВ		эспарцет закавказский
	41,3	+3,25	80 % НВ		клевер луговой
	43,1	+7,75	70 % НВ		люцерна синегибридная
	44,0	+10,00	70 % НВ		люцерна пестрогибридная

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
60	57,7	-3,83	80 % НВ	NPK1	клевер луговой
	57,9	-3,50	80 % НВ	NPK2	лядвенец рогатый
	58,8	-2,00	70 % НВ	NPK1	люцерна пестрогибридная
	60,0	-	70 % НВ	NPK1	люцерна синегибридная
	60,5	+0,83	70 % НВ	NPK2	клевер луговой
	63,8	+6,33	70 % НВ	NPK1	эспарцет песчаный
	65,1	+8,50	70 % НВ	NPK1	эспарцет закавказский
80	75,4	-5,75	70 % НВ	NPK2	эспарцет песчаный
	76,4	-4,50	70 % НВ	NPK2	эспарцет закавказский
	76,8	-4,00	80 % НВ	NPK2	люцерна синегибридная
	79,2	-1,00	80 % НВ	NPK2	эспарцет закавказский
	79,8	-0,25	80 % НВ	NPK2	эспарцет песчаный

Выводы. Таким образом, в опытах, проведенных в 2019-2021 гг., многолетние бобовые травы имели полноту всходов на уровне 43,7-49,8 %. В фазу полных всходов густота стояния растений изменялась от 273 до 380 шт./м².

Изреживание многолетних бобовых культур 1 года жизни за вегетационный период составило по видам трав 17,4-30,7 %. Несколько большей гибелью растений характеризовались посевы люцерны желтой, эспарцета песчаного, лядвенца рогатого и клевера лугового – 26,2 -30,7 %.

Наиболее высоким линейным ростом отличались растения эспарцета (сорта Петушок, Атаманский, Шурави и Розовый 95): в первом укосе в вариантах без удобрений при 60 %-ном предполивном пороге влажности почвы высота растений составила 0,82-0,85 м, при 70 %-ном – 0,88-0,89 и при 80 %-ном – 0,91-0,94 м. При улучшении пищевого режима почвы за счет внесения удобрений высота растений увеличивалась до 0,93-1,01 м. Высота люцерны синегибридной и пестрогибридной (сорта Ростовская 60, Ростовская 90, Люция, Изумруда) к началу цветения на контроле достигала 0,69-0,78 м, а на делянках с улучшенным пищевым и водным режимом почвы – 0,88-0,96 м. Травостой желтой люцерны (сорта Злата и Татьяна) имел высоту по вариантам опыта 0,53-0,83 м, клевера лугового (сорт Присурский) – 0,47-0,68 м, лядвенца рогатого (сорт Солнышко) – 0,40-0,59 м. Высота растений бобовых трав во втором укосе варьировала по вариантам опыта и видам бобовых трав от 0,32-0,60 до 0,38-0,94 м, в третьем укосе – от 0,18-0,52 до 0,25-0,66 м.

На посевах люцерны синегибридной и пестрогибридной в вариантах без удобрений во второй год жизни была сформирована урожайность 31,7-49,0 т/га, люцерны желтогибридной и лядвенца рогатого – 24,4-39,2, клевера лугового – 33,0-41,3, эспарцета песчаного и закавказского – 39,3-50,5 т/га зеленой массы. При улучшении фона питания за счет внесения расчетных доз удобрений урожайность трав увеличивалась по сравнению с контролем в 1,2-1,4 раза. Повышение предполивного порога влажности почвы с 60 до 70 и 80 % НВ положительно сказывалось на формировании биомассы: урожайность бобовых трав увеличивалась по вариантам водного режима на 9,0-38,0 %.

Выделенные виды многолетних бобовых трав необходимо более активно использовать в кормопроизводстве региона для повышения объемов кормов и стабильного обеспечения ими животноводческой отрасли.

Библиографический список

1. Алабушев А. В. Продуктивность сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения и качество произведенного из них корма // Земледелие. 2019. № 8. С. 30-33.
2. Володина И. А., Абраменко И. С. Оценка перспективных популяций люцерны изменчивой (*Medicago varia* mar.) // Вестник КрасГАУ. 2020. № 7 (160). С. 56-62.
3. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Головатюк О. В. Сравнительная оценка продуктивности люцерны и клевера на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 3 (55). С. 58-65.
4. Зарьянова З. А., Зотиков В. И., Кирюхин С. В. Видовое и сортовое разнообразие многолетних трав для условий Орловской области // Кормопроизводство. 2017. № 11. С. 32-37.
5. Зезин Н. Н. Урожайность клевера лугового в зависимости от агроклиматических условий Среднего Урала // Кормопроизводство. 2020. № 6. С. 20-24.
6. Игнатъев С. А., Грязева Т. В., Игнатъева Н. Г. Влияние сроков скашивания зеленой массы люцерны на продуктивность и ее кормовую ценность // Зерновое хоз-во России. 2016. № 5 (47). С. 54-58.
7. Ледяева Н. В. Сортоизучение сортов люцерны изменчивой в условиях среднегорной зоны республики Алтай // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 12 (182). С. 44-50.
8. Попова Т. Н. Семенная продуктивность сортов люцерны и ее составляющие // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 37-39.
9. Скамарохова А. С., Горковенко Л. Г., Бедило Н. А. Лядвенец рогатый – перспективный засухоустойчивый кормовой компонент // Новости науки в АПК. 2018. № 2. С. 149-151.
10. Спиридонов А. М., Мазин А. М. Продуктивность сортов люцерны изменчивой и синой в условиях северо-запада России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 60. С. 16-22.
11. Юзупанов А. В., Лученок Л. Н., Пташеч О. В. Урожайность люцерны желтой (*Medicago falcata* L.), возделываемой на агроторфяных почвах Полесья // Мелиорация. 2021. № 1 (95). С. 38-45.
12. Dri matter yield and plant density of alfalfa as affected by cutting schedule and seeding rate / S. Katanski, D. Milic, D. Karagic [et al.] // Grassland Science in Europe. 2018. Vol. 23. P. 265-267.
13. Drinkwater L. E. Perennial legume intercrops provide multiple belowground ecosystem services in smallholder farming systems // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2021. Vol. 320. P. 107566.
14. Participatory design of agronomic scenarios for the reintroduction of legumes into a French territory / E. Pelzer, M. Bonifazi, M. Soulié, L. Guichard, M. Quinio, R. Ballot, M.-H. Jeuffroy // Agricultural Systems. 2020. Vol. 184. P. 102893.
15. Yixian Bi. Interspecific interactions contribute to higher forage yield and are affected by phosphorus application in a fully-mixed perennial legume and grass intercropping system // Field Crops Research. 2019. Vol. 244. P. 107636.

Информация об авторах

Дронова Тамара Николаевна, главный научный сотрудник ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), Заслуженный деятель науки РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-4791>, e-mail: tam.dronowa@yandex.ru

Бурцева Наталья Ивановна, заведующая отделом интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-7321>, e-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Молоканцева Елена Ивановна, старший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-7976>, e-mail: elena-molok@yandex.ru

Земцова Ирина Павловна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-8349-1084>, e-mail: ivinai@bk.ru

Головатюк Ольга Владимировна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-7773-880x>, e-mail: golovatuk@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-03

INTRODUCTION OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS *PRUNUS* L.: PROSPECTS FOR THEIR USE IN SOUTHERN GARDENING

R. Sh. Zaremuk¹, T.A. Kopnina¹, A.A. Kochubey¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking», Krasnodar*

Received 25.03.2022

Submitted 06.05.2022

Summary

The article presents the results of a comprehensive assessment of plum and cherry varieties. According to the data obtained, varieties of domestic plums Big Stanley, August Delight, Chinese plums Dark Sunlight, Crimson Glo, common cherries Kelleris, Nefris. Rexele and Erdy Botermo were distinguished by a set of qualitative features. The results obtained indicate that these varieties can be recommended for expanding the southern assortment and as sources of valuable traits for breeding.

Abstract

Introduction. Introduction is one of the ways to update the assortment of stone fruit crops, which involves a comprehensive assessment of varieties to identify the most plastic in new soil and climatic conditions, which was the goal of the research. The article presents the results of the assessment of introduced varieties of common cherry, common plum and Chinese plum in the conditions of southern horticulture. **Object.** 5 introduced varieties of common cherry (*Cerasus vulgaris* Mill); 5 plums, incl. three varieties - *Prunus domestica* L. and two varieties - *Prunus salicina* L. **Materials and methods.** Variety testing was carried out in the conditions of the Prikuban fruit growing zone of the Krasnodar Territory. Records and observations were made according to standard and modern methods. **Results and conclusions.** Early-fruiting (with fruiting for 3 years), large-fruited (with a weight of up to 75 g), productive (with a yield of more than 30 t/ha), with high fruit quality and marketable plums of home varieties of foreign selection Big Stanley, August Delight and Chinese Crimson Glo, Dark Sunlight. The most promising introduced varieties of common sour cherries have been identified: early-bearing ones - Kelleris and Nefris, which start fruiting in the 3rd year; more resistant to coccomycosis cultivars Kelleris, Rexele and Erdi Botermo, the damage of leaves of which during the years of epiphytoties did not exceed 3 points; large-fruited - Erdi Botermo and Nefris with a fruit weight of more than 5.0 g, with a fairly high yield, reaching 11.3 - 12.2 t / ha of Nefris and Erdi Botermo varieties. The varieties of domestic plum, Chinese plum and common cherry, isolated in the specific conditions of the southern region, which have a complex of economically valuable traits, can be recommended for expanding the southern assortment of these crops and as sources of valuable traits in the breeding process.

Key words: breeding, introduction, variety, fruits, plum, cherry, adaptability, productivity, fruits quality.

Citation. Zaremuk R.Sh., Kopnina T.A., Kochubey A.A. Introduction of representatives of the genus *Prunus* L.: prospects for their use in southern gardening. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 30-37 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-03.

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

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

УДК 634.1:631.52(471.63)

**ИНТРОДУКЦИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PRUNUS* L.:
ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЮЖНОМ САДОВОДСТВЕ****Р. Ш. Заремук**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Т. А. Копнина**, кандидат сельскохозяйственных наук**А. А. Кочубей**, кандидат сельскохозяйственных наук¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение«Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
г. Краснодар, Россия

Дата поступления в редакцию 25.03.2022

Дата принятия к печати 06.05.2022

Актуальность. Интродукция – один из путей обновления сортимента косточковых культур, предполагающий комплексную оценку сортов для выделения наиболее пластичных в новых почвенно-климатических условиях, что являлось целью проведенных исследований. В статье представлены результаты оценки интродуцированных сортов вишни обыкновенной, сливы домашней и сливы китайской в условиях южного садоводства. **Объект.** 5 интродуцированных сортов вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris* Mill.); 5 сливы, в т.ч. три сорта – *Prunus domestica* L. и два сорта – *Prunus salicina* L. **Материалы и методы.** Сортоиспытание проведено в условиях Прикубанской зоны плодоводства Краснодарского края. Учеты, наблюдения выполнены по стандартным и современным методикам. **Результаты и выводы.** Выделены скороплодные (с плодоношением на 3 год), крупноплодные (с массой до 75 г), продуктивные (с урожайностью свыше 30 т/га), с высоким качеством плодов и товарностью сливы домашней сорта зарубежной селекции Big Stanley, August Delight и китайской Crimson Glo, Dark Sunlight. Выделены наиболее перспективные интродуцированные сорта вишни обыкновенной: скороплодные – Келлерис и Нефрис, вступающие в плодоношение на 3-й год; более устойчивые к коккомикозу сорта Келлерис, Рекселе и Эрди Ботермо, поражение листьев которых в годы эпифитотий не превышало 3 баллов; крупноплодные – Эрди Ботермо и Нефрис с массой плода свыше 5,0 г., с достаточно высокой урожайностью, достигающей 11,3 - 12,2 т/га сорта Нефрис и Эрди Ботермо. Выделенные в специфических условиях южного региона сорта сливы домашней, сливы китайской и вишни обыкновенной, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков, можно рекомендовать для расширения южного сортимента этих культур и как источники ценных признаков в селекционном процессе.

Ключевые слова: селекция сливы домашней, интродукция сливы, сорта сливы домашней, урожайность плодовых культур, качество плодов сливы.

Цитирование. Заремук Р. Ш., Копнина Т. А., Кочубей А. А. Интродукция представителей рода *Prunus* L.: перспективы их использования в южном садоводстве. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 30-37. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-03.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из направлений в развитии современного садоводства, в частности на юге страны, является внедрение в производство новых зарубежных сортов плодовых культур, расширяющих их ареал распространения [1, 2, 3]. Безусловно, интродукция – это важный элемент экологического сортоиспытания и увеличения генетического разнообразия плодовых культур. Однако необходимо отметить, что зачастую интродуцированные сорта переносятся без учета результатов их адаптации, поскольку не у всех новых сортов возможна реализация продуктивного потенциала в условиях интродукции.

Известно, что возделывание иностранных сортов в специфических погодноклиматических условиях, в том числе на юге России, сопряжено с всесторонним изучением по хозяйственно-значимым показателям: устойчивость к температурным стрессам и болезням, более распространенным в регионе, которые обуславливают высокую урожайность, качество плодов наряду с другими признаками. Основная задача этого сортоиспытания – выделение из большого количества зарубежных сортов наиболее пластичных в конкретной зоне плодородства, погодноклиматические условия которой позволят максимально эффективно реализовать продуктивный потенциал сорта [4, 11, 12, 14, 16, 18].

Южный регион России отличается условиями наиболее благоприятными для возделывания практически всех плодовых культур, среди которых особое место занимает группа косточковых, представителей рода *Prunus L.* в частности, вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris Mill.*) и сливы домашней (*Prunus domestica L.*). На сегодня промышленный сортимент этих культур представлен как отечественными, так и интродуцированными сортами. Необходимо отметить, что в последние годы интерес к интродуцированным сортам возрастает. Эта тенденция связана с большим коммерческим интересом зарубежных менеджеров в расширении ареала внедрения новых сортов, а также с хорошими результатами селекционной работы по косточковым культурам, которая активно ведется как во многих странах мира, так и в России. Созданием новых сортов вишни занимаются в Дании, Венгрии, Сербии, США; сливы – во Франции, Италии, Англии, Швеции и др. По каждой культуре выделены наиболее перспективные направления в селекции, тесно связанные с требованиями современного рынка. Так, по вишне – это создание самоплодных вишнево-черешневых гибридов, обладающих крупными плодами с высокими вкусовыми качествами; по сливе – создание сортов крупноплодных, самоплодных и позднего срока созревания [5, 9, 10, 17]. Целенаправленная селекционная работа, позволила получить сорта вишни, обладающие устойчивостью к коккомикозу (Ровесница, Прима, Стойкая и др.), крупноплодные вишнево-черешневые гибриды Чачанский рубин, Сумадинка и др., самоплодные сорта – Акет, Рубеллит, Джейд, Спинел и др., крупноплодные Карнеол, Негарише Траубиге, Саския, Кересер 2; сорта сливы устойчивые к шарке – Katinka, Elena, Presenta, крупноплодные и самоплодные – Dark Sunlight, August Delight, Dark Sunshine и т.д. [6-8, 12, 13, 15].

Многие сорта косточковых нового поколения завезены в Россию, и на их основе заложены современные сады. В связи с этим очевидно, что внедрение в практику садоводства новых интродуцированных сортов предполагает их всестороннюю оценку, что и определило цель наших исследований – провести комплексную оценку интродуцированных сортов вишни обыкновенной, сливы домашней и сливы китайской различного эколого-географического происхождения, и выделить наиболее перспективные интродуцированные сорта для расширения южного сортимента сливы и вишни, что является актуальным научным направлением.

Материалы и методы. Сортоиспытание проведено в условиях Прикубанской зоны плодородства Краснодарского края. Исследования проведены в 2017-2021 гг. Учеты, наблюдения выполнены по «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур», 1995; «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», 1999; «Программе Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года», 2013 и согласно «Методических указаний по фитосанитарному и фитотоксикологическому мониторингу плодовых пород и ягодников», 1999. Оценка товарных качеств плодов вишни согласно ГОСТ 33801-2016.

Объектами исследований были 5 интродуцированных сортов вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris* Mill.); 5 сливы, в т.ч. три сорта – *Prunus domestica* L. и два сорта – *Prunus salicina* L.

Результаты и обсуждение. Интродукция обуславливается прежде всего, условиями среды, в связи с чем проводился ежегодный мониторинг погодных условий.

В Краснодарском крае выделено четыре плодовые зоны, каждая из которых характеризуется своими отличительными погодно-климатическими особенностями. Так климат Прикубанской зоны плодоводства, где проводились исследования, является мягким. Сумма активных температур при переходе через «плюс» 10 °С в среднем за год составляет 3300-3600°С, безморозный период длится около 190 дней. Годовая температура колеблется в пределах «плюс» 10,4-10,8 °С. Зима отличается ежегодными оттепелями в феврале, которые длятся обычно 5-10 дней. Снега выпадает небольшое количество. Весной практически ежегодно имеют место весенние заморозки, которые могут достигать минус 2,1-4,5 °С и которые совпадают с фазой цветения сливы и вишни. Плодовая зона отличается очень жарким и сухим летом и длительными периодами без осадков. Самые жаркие месяцы июль и август, когда температуры повышаются до плюс 40 °С и выше. Прикубанская зона характеризуется как недостаточно увлажненная с ГТК=0,6-0,7. За год выпадает не более 670-750 мм осадков. Лимитирующими факторами для плодовых косточковых культур в этой зоне являются резкие перепады температур зимой, вызывающие подмерзание плодовых образований. Летом – это высокие температуры, дефицит осадков, приводящие к почвенной и воздушной засухе. Изучение новых интродуцированных сортов сливы и вишни было проведено в специфических условиях, на фоне ежегодных погодных стрессов, что позволило выделить наиболее устойчивые к ним интродуцированные сорта.

Слива домашняя в структуре многолетних насаждений плодовых косточковых культур занимает одно из ведущих мест. В промышленном сорimente сливы находятся сорта как отечественной, так и зарубежной селекции. В последние годы отмечается увеличение в сорimente доли сортов зарубежной селекции [1-3]. Эта тенденция вызывает необходимость проведения всесторонней оценки новых интродуцированных сортов, культивируемых в промышленных насаждениях.

В изучение были взяты новые интродуцированные сорта сливы домашней (*Prunus domestica* L.) Big Stanley, Blue Moon, August Delight и сливы китайской (*Prunus salicina* L.) – Dark Sunlight, Crimson Glo, Angelino на подвое Red Mirabolano.

В специфических условиях интродукции было установлено, что сорта Big Stanley и Angelino начинают плодоносить на четвертый год, а сорта Dark Sunlight, Crimson Glo, August Delight, Blue Moon – на третий год, что позволило отнести их к группе скороплодных (табл. 1).

По полученным данным, плоды изучавшихся интродуцированных сортов созревали в средние сроки (конец августа - начало сентября) и поздние (вторая и третья декады сентября). Так, в третьей декаде августа созревают плоды сортов Blue Moon и August Delight, поэтому эти сорта можно отнести к группе средне - поздних. В первой - третьей декаде сентября созревают плоды Big Stanley, Dark Sunlight и Crimson Glo, которые были отнесены к группе поздних сортов.

Проведенная оценка засухоустойчивости позволила определить, что интродуцированные сорта сливы домашней August Delight, Blue Moon, Big Stanley и китайской Crimson Glo показали среднюю устойчивость, соответствующую 3 баллам. Засухоустойчивость сорта Dark Sunlight была на уровне 4 баллов. В целом изучавшиеся сорта можно характеризовать как среднеустойчивые к засухе.

Установлено, что очень крупными плодами характеризуются сорта сливы китайской Crimson Glo, с массой плода 71,5 г и Dark Sunlight с плодами массой 79,0 г. К крупноплодным были отнесены сорта Big Stanley (48,0 г) и August Delight (44,6 г). Анализ соотношения доли косточки к массе позволил выявить, что доля косточки в плодах разных сортов составляет 2,2-6,3 г или в среднем 7,1 %, что является хорошим показателем для сорта сливы. Отделимость косточки также является важным признаком. Так, определено, что у всех изучавшихся сортов косточка хорошо отделяется от мякоти (таблица 1).

Качество плодов сливы, наряду с массой, оценивали по содержанию биохимических веществ. Высоким сахарокислотным индексом в пределах 14,1-14,9, соответственно, высокими вкусовыми качествами характеризовались сорта Dark Sunlight, Big Stanley и Blue Moon. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах в среднем составляло 9,1 мг/100 г. Сорта сливы домашней August Delight и китайской Crimson Glo отличались высоким содержанием витамина С, достигавшим 9,9-11,2 мг/ 100 г. Сравнительно высоким содержанием (98,4 мг/100 г) Р-активных веществ в плодах отмечен сорт сливы китайской Crimson Glo.

На фоне ежегодно повторявшихся весенних заморозков в период цветения, засухи и жары в период формирования плодов, высокий урожай формировался у сортов сливы домашней и сливы китайской. Анализ данных позволил выявить сортовую специфику. Так урожайность сорта сливы Crimson Glo составляла 34,6 т/га, Dark Sunlight – 36,4 т/га, превышавшей контроль на 44 %. Урожайность сортов сливы домашней Big Stanley и August Delight была ниже, чем у некоторых сортов, но выше, чем у контрольного сорта на 4,3 т/га. Сорта сливы домашней Big Stanley, Blue Moon и August Delight характеризовались высокой урожайностью – от 24,7 до 32,4 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Основные хозяйственно-ценные признаки интродуцированных сортов сливы в условиях интродукции, 2017-2020 гг.

Table 1 – The main economically valuable features of introduced plum varieties under the conditions of introduction, 2017-2020

Сорт	Вступление в плодоношение, лет	Засухоустойчивость, балл	Масса плода, г	Продуктивность, т/га	Вкусовые качества, балл
Слива домашняя					
Стенли (к)	5	3	40,6	26,4	4,8
August Delight	3	3	44,6	29,0	4,7
Blue Moon	3	3	35,9	24,7	4,8
Big Stanley	4	3	48,0	32,4	4,9
Слива китайская					
Анжелино (к)	3	3	39,1	24,4	4,5
Dark Sunlight	3	4	79,0	36,4	4,9
Crimson Glo	3	3	71,5	34,6	4,7
НСР ₀₅	-	-	4,4	1,5	-

Полученные результаты сортоиспытания дают основание рекомендовать новые интродуценты – сорта сливы домашней Big Stanley и August Delight и сорта сливы китайской Crimson Glo и Dark Sunlight для расширения перспективного промышленного ассортимента и для приусадебного садоводства.

Вишня обыкновенная – ценная плодовая косточковая культура, доля которой в структуре плодовых косточковых насаждений Краснодарского края ежегодно возрастает. Сортимент ее также представлен отечественными и зарубежными сортами различного происхождения [11, 17]. Оценка интродуцированных сортов вишни была проведена по основным хозяйственно-ценным признакам.

Установлено, что в условиях Прикубанской зоны садоводства у интродуцированных сортов вишни период вступления в плодоношение варьировал от 3 до 5 лет, в зависимости от сортовых особенностей. Так у сортов Келлерис и Нефрис плодоношение отмечалось на 3-й год, что дало основание отнести их к скороплодным. У сортов Фанал и Рекселе – на 4 год, у сорта Эрди Ботермо – на пятый год. Эти сорта были отнесены к группе с более поздним сроком вступления в плодоношение.

Ежегодные высокотемпературные стрессы позволили оценить жаростойкость и засухоустойчивость сортов вишни. На основе наблюдений и полевых учетов выявлено, что в условиях Прикубанской зоны интродуцированные сорта вишни характеризовались средней засухоустойчивостью, выражавшейся в раннем пожелтении и опадении листьев в июле – августе и прекращении ростовых процессов (таблица 2).

Таблица 2 – Основные хозяйственно-ценные признаки интродуцированных сортов вишни в условиях интродукции, 2017-2021 гг.

Table 2 – The main economically valuable traits of introduced cherry varieties under the conditions of introduction, 2017-2021

Сорт	Масса плода, г	Размер плода, мм		Урожайность		Скоро- плод- ность	Засухо устойчи- вость	Восприим- чивость к коккомико- зу, балл
		h	d	кг/дер	т/га			
Облачинская (к)	4,68	15	17	10,6	8,5	4	средняя	2
Келлерис	4,65	16	19	8,3	6,6	3	средняя	3
Нефрис	5,05	18	20	14,1	11,3	3	средняя	4
Фанал	4,61	18	19	13,1	10,5	4	средняя	5
Эрди Ботермо	5,59	19	21	15,3	12,2	5	средняя	3
Рекселе	4,45	15	17	10,5	8,4	4	средняя	3
НСР ₀₅	0,41	–	–	2,35	0,31	–	–	–

Необходимо отметить, что площади насаждений вишни на юге России были резко сокращены в последние 15-20 лет и связано это было прежде всего с учащением эпифитотий коккомикоза и отсутствием в сортименте вишни высокоустойчивых сортов. Оценка устойчивости в годы эпифитотий позволила установить, что сорта вишни Нефрис и Фанал сильно поражались коккомикозом на уровне 4-5 баллов, а сорта Келлерис, Рекселе и Эрди Ботермо в меньшей степени – на уровне 3 баллов (табл. 2).

Известно, что сорта вишни обыкновенной в основном являются мелкоплодными [11, 12], в связи с чем возрастает необходимость создания и выделения из уже полученных сортов сортов с крупными плодами.

Изученные сорта вишни по массе плода были разделены на две группы. К крупноплодным были отнесены сорта Эрди Ботермо с массой плода 5,59 г и Нефрис с массой плода 5,05 г. К сортам со средней массой плодов 4,45 – 4,76 г были отнесены Келлерис, Фанал и Рекселе.

Анализ технических показателей плодов вишни позволил определить, что они отличались по высоте и диаметру, определявшим их товарные качества и форму. По товарным качествам плодов интродуцированные сорта, согласно действующему ГОС-Ту, были отнесены к высшему сорту.

По полученным данным, в среднем урожайность интродуцированных сортов вишни составляла 9,6 кг/дер или 11,9 т/га при схеме посадки 4 х 4 м. По высокой продуктивности были выделены сорта Нефрис и Эрди Ботермо на которых формировался урожай 11,3 т/га и 12,2 т/га, соответственно. Несколько ниже урожайность была у сорта Фанал – 10,5 т/га. Сорта Облачинская, Рекселе можно охарактеризовать как среднеурожайные (табл. 2).

По комплексу ценных признаков – скороплодности, крупноплодности, устойчивости коккомикозу и урожайности выделены интродуцированные сорта вишни Нефрис и Эрди Ботермо, Келлерис и Рекселе.

Выводы. Таким образом, в условиях Прикубанской зоны плодоводства выделены скороплодные, крупноплодные, продуктивные и с высоким качеством плодов интродуцированные сорта сливы домашней Big Stanley и August Delight и сорта сливы китайской Dark Sunlight и Crimson Glo. По вишне обыкновенной выделены скороплодные сорта Келлерис и Нефрис. Устойчивые к коккомикозу сорта Келлерис, Рекселе и Эрди Ботермо; крупноплодные – Эрди Ботермо и Нефрис; с высокой продуктивностью – Нефрис и Эрди Ботермо. Выделенные интродуцированные сорта сливы и вишни можно рекомендовать для расширения южного сортимента и как источники ценных признаков в селекцию.

Библиографический список

1. Абдулгамидов М. Д., Дагирова Х. Б. Оценка интродуцированных сортов сливы в условиях предгорной зоны Дагестана // Горное сельское хозяйство. 2018. № 4. С. 100-102.
2. Еремин В. Г., Еремин Г. В. Совершенствование сортимента и технологии возделывания косточковых культур на юге России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 59. С. 141-150.
3. Заремук Р. Ш., Кочубей А. А. Сортимент сливы для интенсивного садоводства северного Кавказа // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 70-77.
4. Панфилова О. В., Голяева О. Д. Физиологические особенности адаптации сортов и отборных форм смородины красной к засухе и повышенным температурам // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 1056–1064.
5. Физиолого-биохимические критерии устойчивости яблони к абиотическим стрессам летнего периода / Н. И. Ненько и др. // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 158–168.
6. Asian plum diversity based on phenotypic traits in republic of Korea / J. H. Kwon [et al.] // Korean Journal of Plant Resources. 2018. V. 31. No 3. P. 254-267.
7. Borisova A., Sotirov D. The response of newly introduced plum cultivars to natural infection with Plum pox virus // XII International Symposium on Plum and Prune Genetics, Breeding and Pomology. 2021. T. 1322. P. 289-294.
8. Butac M. Plum Breeding // Prunus. IntechOpen, 2020. 146 p.
9. Evaluation of newly introduced plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars under mid-hills of Himachal Pradesh / M. Kumar [et al.] // Int. J. Chem. Stud. 2018. № 6. P. 2925-2930.
10. Genetic relationships between diploid and allotetraploid cherry species (*Prunus avium*, *Prunus × gondouinii* and *Prunus cerasus*) / M. Tavaud [et al.] // Heredity. 2004. № 93. P. 631-638.
11. Henfrey J. L., Baab G., Schmitz M. Physiological stress responses in apple under replant conditions // Scientia Horticulturae. 2015. Vol. 194. P. 111–117.
12. Interspecific Hybridization in Sweet and Sour Cherry Breeding / M. Schuster [et al.] // Acta Horticulturae. 2013. № 976 (976). P. 79-86.
13. Kaufmane E., Gravite I., Ikase L. Plum research and growing in Latvia // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2019. V. 73. No 3. P. 195-206.
14. Maghlakelidze E., Bobokashvili Z., Maghradze D. Biological and agronomical characteristics of local and introduced plum (*Prunus domestica* L.) cultivars in Georgia // International Journal of Horticultural Science and Technology. 2017. № 4 (2). P. 157-166.
15. Physical and chemical attributes of various cultivars of Plum fruit / W. Bilal [et al.] // Pure and Applied Biology (PAB). 2021. V. 4. №. 3. P. 353-361.
16. Productive traits of some newly introduced plum cultivars grown under environmental conditions of Cacak (Western Serbia) / N. Milosevic [et al.] // II EUFRIN Plum and Prune Working Group Meeting on Present Constraints of Plum Growing in Europe. 2010. № 968. P. 87-91.
17. Schuster M., Schreiber H. Genome investigation in sour cherry, *P. cerasus* L. // Acta Horticulturae. 2000. № 538. P. 375-379.
18. Suranyi D. Evaluation of introduced plum varieties under extreme climatic conditions // International Journal of Horticultural Science. 2019. № 25 (1). P. 7-10.

Информация об авторах

Заремук Римма Шамсудиновна, заведующая лабораторией сортоизучения и селекции косточковых плодовых культур ФГБНУ СКФНЦСВВ, (350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39), доктор с.-х. наук, профессор, e-mail: zaremuk_rimma@mail.ru

Копнина Татьяна Андреевна, научный сотрудник лаборатории сортоизучения и селекции косточковых плодовых культур ФГБНУ СКФНЦСВВ, (350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39), канд. с.-х. н, e-mail: tatjanakopnina@rambler.ru

Кочубей Александр Анатольевич, младший научный сотрудник лаборатории сортоизучения и селекции косточковых плодовых культур ФГБНУ СКФНЦСВВ, (350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39), канд. с.-х. н, e-mail: aleksandr.kochubey.93@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-04

PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY PARAMETERS OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES IN THE LOWER VOLGA REGION

A. V. Zelenev¹, A. A. Pitonya², V. N. Pitonya², P. A. Smutnev²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 13.04.2022

Submitted 04.05.2022

Summary

The article presents the data on evaluation of adaptive properties of new varieties of competitive variety trials for productivity and grain quality of winter soft wheat in different weather conditions of dry-steppe zone of the Lower Volga region.

Abstract

Introduction. In the Lower Volga region, the gross grain yield is determined by the cultivation of winter wheat. The main objective of winter soft wheat breeding in Volgograd Oblast is to develop varieties with improved resistance to adverse weather conditions and high and stable productivity of quality grain. **Object.** The object of the study was 6 new varieties of competitive variety testing with increased productivity and grain quality of hybrid origin, bred by the «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» and the high-yielding variety Don 107 (St). **Materials and methods.** Field studies were conducted at the laboratory of breeding, seed production and nursery production of the «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» in 2017-2021. The soils of the sample plot are chestnut, loamy, with a humus content of 1.8-2.2 %. The precursor of winter wheat was black fallow. The main soil cultivation is minimal to a depth of 5-7 cm. Competitive variety trials were conducted in accordance with the methodology of the State variety testing commission. Every year, 25-30 varieties were studied, created by stepwise hybridization of local varieties with samples from the collection of the All-Russian Research Institute of Plant Industry named after N.I. Vavilov or varieties of other breeding centers. Experimental plot area 25 m², repeated four times. **Results and conclusion.** The weather conditions of the growing seasons reflected the prevailing climate of the region, with an average environmental index of -0.17. Of these, the farm years 2016-2017 and 2018-2019 were favourable with an index of 3.17 and 1.04 respectively, the farm year 2019-2020 was average with an index of -0.46 and the farm years 2017-2018 and 2020-2021 were unfavourable with an index of -0.93 and -3.68 respectively. The grain yield of winter wheat varieties was in close correlation with the value of the Environmental Conditions Index, which on average had a negative value. In terms of yield value, the years were distributed as follows: favourable 2017 and 2019, in which varieties ranged from 5.6 to 7.8 t/ha and 4.4 to 5.1 t/ha respectively, unfavourable 2018 and 2021, in which yields ranged from 2.4 to 3.1 t/ha and 0.7 to 1.2 t/ha respectively, and average 2020, in which yields ranged from 2.9 to 3.5 t/ha. On average, the highest grain yield was formed in variety 463/2 and the individual selection from Kamyshtanka 3 - 4.0 t/ha, which was higher than that of Don 107 (St) by 0.5 t/ha or 14.3 %. The yields of

the other varieties were in line with the Don 107 standard. The yield of the varieties varied considerably from year to year depending on weather conditions. The average coefficient of variation was 60.6 %. The higher coefficient of variation was provided by the more productive varieties: individual selection from Kamyshanka 3 - 63.9 %, 463/1 - 64.2 % and 1822 - 65.0 %. The less productive varieties 382/2 and 1261 had less variability by year, 53.3 and 54.8 % respectively. The 463/2 variety and the individual selection Kamyshanka 3 were of great yield value, exceeding the Don 107 standard by 20% in both the favourable 2017 and the critically unfavourable 2021 years by 71.4% and 57.1%, respectively. These varieties had the highest stability index of 130 and 125%, respectively, adaptability index of 113 and 132%, ecological plasticity index of 1.15 and 1.12, as well as the highest stress tolerance of -6.6 and -6.7 t/ha and compensatory capacity of 4.5 and 4.45 t/ha, respectively. The average protein content in the varieties studied was 13.8 %, ranging from 12.3 to 15.7 % in the years studied, and from 11.4 to 16.2 % by variety. The best varieties in terms of average protein content were 382/2, 463/2 - 14.2 % and Don 107 - 14.5 %. In favourable years for grain harvesting - 2017 and 2019, the average protein content decreased to 12.3 and 12.8 %, while in unfavourable years - 2018, 2021 increased to 13.5 and 15.7 %. The average coefficient of variation was 14.4 %, varying by variety from 5.2 to 19.5 %. Variety 463/2 had a high protein content, almost constant throughout the year at 14.2 %, with a coefficient of variation of 5.2 %. The variety Don 107 also had a high average protein content of 14.5 %, but had a high variability between years with a coefficient of variation of 17.0 %. Variety 463/2 was also the best for adaptability, plasticity, stability and stress tolerance of the indicator - protein content. The quality of winter wheat grain also depends on its gluten content. The varieties studied had an average gluten content of 23.8 % by year, varying from 22.5 to 25.3 % by year and from 22.7 to 25.0 % by variety. The average coefficient of variation of the trait is 14.8%. In years favourable for winter wheat yields, the average gluten content of the grain was low at 23.5 %. In unfavourable years, the gluten content increased by 1-2 %. On average, a higher gluten content of 24.1 to 25.0 % and a low coefficient of variation by year of 8.9 to 12.0 % were observed in cultivars 463/1, 463/2 and 1822. The same varieties stood out as the best performers in terms of stability, plasticity, adaptability, stress tolerance and compensatory capacity.

Key words: *winter soft wheat, variety, productivity, adaptability, protein and gluten content, yield.*

Citation. Zelenov A. V., Pitonya A. A., Pitonya V. N., Smutnev P. A. Productivity and adaptability parameters of winter soft wheat varieties in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 37-46 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-04.

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

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

УДК 631.524.84:631.524.85:633.11(470.44/47)

ПАРАМЕТРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

А. В. Зеленов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. А. Питоня², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий агроном-селекционер

В. Н. Питоня², старший агроном-селекционер

П. А. Смутнев², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий агроном-селекционер

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.04.2022

Дата принятия к печати 04.05.2022

Актуальность. В Нижнем Поволжье валовой сбор зерна определяется выращиванием озимой пшеницы. Основной целью селекции озимой мягкой пшеницы в Волгоградской области является создание сортов с повышенной устойчивостью к неблагоприятным погодным услови-

ям, высокой и стабильной продуктивностью качественного зерна. **Объект.** Объектом исследования являлись 6 новых сортов конкурсного сортоиспытания с повышенной продуктивностью и качеством зерна гибридного происхождения селекции Федерального научного центра агроэкологии РАН и высокоурожайный сорт Дон 107 (St). **Материалы и методы.** Полевые исследования проводили в лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН в 2017-2021 годах. Почвы опытного участка – каштановые, суглинистые с содержанием гумуса 1,8-2,2 %. Предшественником озимой пшеницы был черный пар. Основная обработка почвы минимальная на глубину 5-7 см. Конкурсные сортоиспытания проводились в соответствии с методикой Государственной комиссии по сортоиспытаниям. Каждый год изучалось 25-30 сортов, созданных путем ступенчатой гибридизации местных сортов с образцами из коллекции ВНИИР или сортами других селекционных центров. Площадь опытной делянки 25 м², повторность четырехкратная. **Результаты и выводы.** Погодные условия вегетационных сезонов отражали преобладающий климат региона, со средним индексом условий среды равным - 0,17. Из них благоприятными были 2016-2017 и 2018-2019 сельскохозяйственные годы с индексом, соответственно 3,17 и 1,04, средним – 2019-2020 сельскохозяйственный год с индексом - 0,46 и неблагоприятными 2017-2018 и 2020-2021 сельскохозяйственные годы с индексом, соответственно -0,93 и -3,68. Урожайность зерна сортов озимой пшеницы находилась в тесной корреляции с величиной индекса условий среды, который в среднем имел отрицательное значение. По величине урожайности годы распределились следующим образом: благоприятные 2017 и 2019, в которых урожайность сортов колебалась от 5,6 до 7,8 т/га и от 4,4 до 5,1 т/га соответственно, неблагоприятные 2018 и 2021, в которых урожайность колебалась от 2,4 до 3,1 т/га и от 0,7 до 1,2 т/га соответственно, и средний 2020, в котором урожайность колебалась от 2,9 до 3,5 т/га. В среднем наибольшая урожайность зерна сформировалась у сорта 463/2 и индивидуального отбора из Камышанки 3 – 4,0 т/га, что было выше, чем у сорта Дон 107 (St), на 0,5 т/га, или 14,3 %. Урожайность остальных сортов была на уровне стандарта Дон 107. Урожайность сортов значительно варьировала из года в год в зависимости от погодных условий. Средний коэффициент вариации составил 60,6 %. Повышенный коэффициент вариации обеспечивался у более продуктивных сортов: индивидуальный отбор из Камышанки 3 – 63,9 %, 463/1 – 64,2 % и 1822 – 65,0 %. Менее продуктивные сорта 382/2 и 1261 имели меньшую вариабельность по годам, соответственно 53,3 и 54,8 %. Большую ценность по урожайности представляли сорта 463/2 и индивидуальный отбор сорта Камышанка 3, превысившие стандарт Дон 107 как в благоприятный 2017 год на 20 %, так и в критически неблагоприятный 2021 год, соответственно на 71,4 и 57,1 %. У этих сортов обеспечивался наивысший показатель уровня стабильности, соответственно 130 и 125 %, коэффициент адаптивности – 113 и 132 %, индекс экологической пластичности – 1,15 и 1,12, а также самая высокая устойчивость к стрессу, соответственно -6,6 и -6,7 т/га и компенсаторная способность – 4,5 и 4,45 т/га. Среднее содержание белка в изученных сортах составило 13,8 %, за исследуемые годы от 12,3 до 15,7 %, по сортам от 11,4 до 16,2 %. Лучшими по среднему содержанию белка были сорта 382/2, 463/2 – 14,2 % и Дон 107 – 14,5 %. В благоприятные для сбора урожая зерна годы – 2017 и 2019, среднее содержание белка снизилось до 12,3 и 12,8 %, в неблагоприятные – 2018, 2021 увеличилось до 13,5 и 15,7 %. Средний коэффициент вариации составил 14,4 %, варьируя по сортам от 5,2 до 19,5 %. Сорт 463/2 имел высокое содержание белка, почти постоянное в течение года на уровне 14,2 %, с коэффициентом вариации 5,2 %. Сорт Дон 107 также имел высокое среднее содержание белка – 14,5 %, но отличался высокой изменчивостью по годам с коэффициентом вариации 17,0 %. Сорт 463/2 также был лучшим по адаптивности, пластичности, стабильности и стрессоустойчивости показателя – содержанию белка. Качество зерна озимой пшеницы также зависит от содержания в нем клейковины. По годам изучаемые сорта имели среднее содержание клейковины 23,8 %, варьируя от 22,5 до 25,3 % по годам и от 22,7 до 25,0 % по сортам. Средний коэффициент вариации признака составляет 14,8 %. В годы, благоприятные для урожайности озимой пшеницы, среднее содержание клейковины в зерне было низким – 23,5 %. В неблагоприятные годы содержание клейковины увеличивалось на 1-2 %. В среднем более высокое содержание клейковины от 24,1 до 25,0 % и низкий коэффициент вариации по годам от 8,9 до 12,0 % наблюдались у сортов 463/1, 463/2 и 1822. Эти же сорта выделились лучшими показателями по стабильности, пластичности, адаптивности, стрессоустойчивости и компенсаторной способности.

Ключевые слова: сорта озимой мягкой пшеницы, продуктивность озимой мягкой пшеницы, адаптивность озимой мягкой пшеницы, урожайность озимой мягкой пшеницы.

Цитирование. Зеленев А. В., Питоня А. А., Питоня В. Н., Смутнев П. А. Параметры продуктивности и адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 37-46. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-04.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе исследований, а также ознакомились с окончательным вариантом статьи и утвердили его.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Введение. В Нижнем Поволжье валовой сбор зерна определяется в основном озимой пшеницей. Он не является стабильным из года в год и зависит от технологии выращивания, приспособленности сортов и, главным образом, от преобладающих погодных условий [11, 16, 17, 19].

Климат в Волгоградской области резко континентальный и нестабильный по годам, поэтому урожайность озимой пшеницы и качество зерна зависят в большинстве случаев от применения экологически чувствительных сортов. Так, в сухостепной зоне каштановых почв за последний 2021 год, благоприятные погодные условия, обеспечивающие урожайность зерна в конкурсном сортоиспытании от 4,0 до 6,0 т/га, наблюдались 7 лет, что составляет 33,3 %. Крайне неблагоприятные, из-за низких отрицательных температур зимой, засухливости осеннего и летнего периодов, а также высоких температур последнего, с урожайностью от 0,9 до 3,0 т/га и средние – с урожайностью от 3,1 до 3,9 т/га также 7 лет. Среднегодовое количество осадков за этот период составило 373,4 мм (предел от 199 до 511 мм). Среднегодовой гидротермический коэффициент в период с мая по июнь составляет 0,58 (от 0,1 до 0,97). Средняя урожайность озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании в 2000-2021 гг. составила 3,2 т/га (от 0,9 до 6,0 т/га) [5, 10, 18].

Изучение вариаций урожайности озимой пшеницы показывает значительные ее колебания в производстве. Наиболее важной причиной такой нестабильности считается разница в погодных условиях на протяжении многих лет и местная специфика выращивания озимой пшеницы. Условия перезимовки и весеннего отрастания также имеют решающее значение, поэтому ареал распространения сорта в первую очередь определяется его зимостойкостью и способностью к восстановлению. Засухоустойчивость и раннеспелость при этом представляют также большой удельный вес. Вследствие этого разработка системы сортов, расширяющей потенциал озимой пшеницы, считается одним из условий увеличения сбора зерна [6, 13].

Некоторые селекционеры уверяют, что специфичной характеристикой сорта считается набор признаков, обуславливающих его приспособленность для конкретной территории [3, 8]. Самое большое внимание демонстрируют те сорта, на урожайность и качество которых меньше всего влияют погодные условия [2, 14]. Местные сорта с комплексной групповой устойчивостью наиболее приспособлены к соответствующим условиям окружающей среды [4, 7, 9, 12].

Селекция считается одной из ключевых сторон в повышении ресурса продуктивности и адаптивных признаков сортов озимой пшеницы, уменьшении ресурсно-энергетических затрат на добавочную часть производимой продукции. Она также сыграла важную роль в распространении экономически выгодных границ выращивания различных сортов озимой мягкой пшеницы до биологически допустимых зон их произрастания [1, 15].

Основной целью селекции озимой мягкой пшеницы в Волгоградской области является создание сортов с повышенной устойчивостью к неблагоприятным погодным условиям и высокой, относительно стабильной продуктивностью качественного зерна.

Для этого была проведена оценка адаптивных свойств новых сортов конкурсного сортоиспытания на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в различных погодных условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН в 2017-2021 годах, в поселке Госселекстанция Камышинского района, расположенном в правобережной зоне Волгоградской области.

Объектом исследования были 6 новых сортов конкурсного сортоиспытания с повышенной продуктивностью и качеством зерна гибридного происхождения селекции Федерального научного центра агроэкологии РАН и высокоурожайный сорт Дон 107 (St). Адаптивность этих сортов к местным погодным условиям оценивали по показателю уровня стабильности сорта (ПУСС) по Э. Д. Неттевичу, среднему индексу экологической пластичности (ИЭП) по А. А. Грязнову, коэффициенту адаптивности (КА) по Л. А. Животкову, устойчивости к стрессу и компенсаторной способности сорта по А. А. Rossielte, J. Hemblin.

Почвы опытного участка – каштановые, суглинистые с солонцами, глубоким залеганием грунтовых вод, содержанием гумуса 1,8-2,2 %. Предшественником озимой пшеницы был черный пар. Основная обработка почвы минимальная, на глубину 5-7 см. Конкурсные сортоиспытания проводились в соответствии с методикой Государственной комиссии по сортоиспытаниям. Каждый год изучалось 25-30 сортов, созданных путем ступенчатой гибридизации местных сортов с образцами из коллекции ВНИИР или сортами из других селекционных центров. Площадь опытной делянки 25 м², повторность четырехкратная. Уборка зерна озимой пшеницы проводилась комбайном САМ-ПО-130. Математическая обработка урожайных данных выполнялась по Б. А. Доспехову. Содержание клейковины и белка в зерне определялось в лаборатории оценки качества продукции ФНЦ агроэкологии РАН.

Результаты и обсуждение. Погодные гидротермические условия вегетационных сезонов в 2017-2021 годах отражали преобладающий климат региона, со средним индексом условий среды равным -0,17. Из них благоприятными были 2016-2017 и 2018-2019 сельскохозяйственные годы с индексом условий среды, соответственно 3,17 и 1,04, средним – 2019-2020 сельскохозяйственный год с индексом -0,46 и неблагоприятными 2017-2018 и особенно 2020-2021 сельскохозяйственные годы с индексом условий среды, соответственно -0,93 и -3,68. Гидротермический коэффициент вегетационного периода озимой мягкой пшеницы и индекс условий среды за годы исследований приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент вегетационного периода озимой пшеницы и индекс условий среды в 2017-2021 гг.

Table 1 - Growing season hydrothermal coefficient for winter of wheat and the index of environmental conditions in 2017-2021

Месяц / Month	Сельскохозяйственный год / Agricultural year					
	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	Средний / Medium
Сентябрь / September	1,45	0,39	0,67	0,31	0,08	0,58
Октябрь / October	0,0	0,16	1,2	0,7	0,0	0,4
Апрель / April	2,0	0,3	1,0	0,14	1,1	1,2
Май / May	1,38	0,16	0,86	1,16	1,75	0,82
Июнь / June	0,32	0,02	0,03	0,36	0,94	0,33
Индекс условий среды / Index of environmental conditions	3,17	-0,93	1,04	-0,46	-3,68	-0,17

В годы исследований урожайность зерна сортов озимой мягкой пшеницы находилась в тесной корреляции с величиной индекса условий среды, который в среднем имел отрицательное значение, что свидетельствует о преимущественно неблагоприятных условиях для роста и развития этой культуры. В этих условиях всхожесть озимой пшеницы составляла 20-30 % осенью и 20-40 % весной, при полевой всхожести 40-60 %, что и определило урожайность.

По величине урожайности годы распределились следующим образом: благоприятные 2017 и 2019, в которых хозяйственная урожайность сортов озимой пшеницы колебалась от 5,6 до 7,8 т/га и от 4,4 до 5,1 т/га соответственно, неблагоприятные 2018 и 2021, в которых урожайность колебалась от 2,4 до 3,1 т/га и от 0,7 до 1,2 т/га соответственно, и средний 2020, в котором урожайность колебалась от 2,9 до 3,5 т/га (табл. 2). В среднем за 5 лет исследований наибольшая урожайность зерна среди изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы сформировалась у сорта 463/2 и индивидуального отбора из Камышанки 3 – 4,0 т/га, что было выше, чем у сорта Дон 107 (St), на 0,5 т/га, или 14,3 %. Урожайность остальных сортов была на уровне сорта Дон 107.

Таблица 2 – Хозяйственная урожайность зерна сортов озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании, т/га

Table 2 – Economic grain yield of winter soft wheat varieties in competitive variety trials, t/ha

Сорт / Variety	Хозяйственная урожайность / Economic yields					
	2017 г. / 2017	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020	2021 г. / 2021	Средняя / Medium
382/2	5,6	2,4	4,8	3,2	1,1	3,4
1261	5,8	2,5	4,4	3,2	0,9	3,4
463/1	7,4	2,9	4,4	3,5	0,7	3,8
463/2	7,8	3,1	4,6	3,4	1,2	4,0
Индивидуальный отбор из Камышанки 3 / Individual selection from Kamyshanka 3	7,8	2,7	5,1	3,4	1,1	4,0
1822	7,1	2,9	4,9	3,0	0,7	3,7
Дон 107 (St)/ Don 107 (St)	6,5	2,8	4,9	2,9	0,7	3,5
НСП ₀₅ / SSD ₀₅	0,5	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4

Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы значительно варьировала из года в год в зависимости от погодных условий. Средний коэффициент вариации составил 60,6 % (табл. 3).

Повышенный коэффициент вариации обеспечивался у более продуктивных сортов озимой мягкой пшеницы: индивидуальный отбор из Камышанки 3 – 63,9 %, 463/1 – 64,2 % и 1822 – 65,0 %. Менее продуктивные сорта 382/2 и 1261 имели меньшую вариабельность по годам, соответственно 53,3 и 54,8 %. Большую ценность по урожайности зерна озимой мягкой пшеницы представляли сорта 463/2 и индивидуальный отбор сорта Камышанка 3, превысившие стандарт Дон 107 как в благоприятный 2017 год на 20 %, так и в критически неблагоприятный 2021 год, соответственно на 71,4 и 57,1 %. У этих сортов обеспечивался наивысший показатель уровня стабильности сорта, соответственно 130 и 125 %, коэффициент адаптивности – 113 и 132 %, индекс экологической пластичности – 1,15 и 1,12, а также самая высокая устойчивость к стрессу, соответственно -6,6 и -6,7 т/га и компенсаторная способность – 4,5 и 4,45 т/га.

Существует мнение, что оценка адаптивных свойств сорта с помощью одного или двух методов недостаточно отражает его стабильность и пластичность. Несколько же методов дают наиболее полную информацию. Наше исследование подтверждает тезис, что оценка материала с использованием нескольких методов расчета обеспечивает большую надежность результатов.

Таблица 3 – Адаптивный потенциал сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности зерна в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2017-2021 гг.)

Table 3 – Adaptive potential of winter soft wheat varieties by grain yield in competitive variety trials (average for 2017-2021)

Сорт / Variety	Средняя урожай- ность, т/га / Average yield, t/ha	Коэффи- циент вариации , % / Co- efficient of varia- tion, %	Показатель уровня стабильно- сти сорта, % / Variety stability index, %	Коэффи- циент адаптив- ности, % / Adaptabili- ty factor, %	Индекс эко- логической пластично- сти / Environment al plasticity index	Устойчи- вость к стрессу, т/га / Stress tolerance, t/ha	Компенсатор- ная способ- ность, т/га / Compensation capacity, t/ha
382/2	3,4	53,3	105	99	1,0	-4,5	3,35
1261	3,4	54,8	105	94	0,95	-4,9	3,35
463/1	3,8	64,2	110	101	1,06	-6,7	4,0
463/2	4,0	60,5	130	113	1,15	-6,6	4,5
Индивиду- альный отбор из Камышан- ки 3 / Indi- vidual selec- tion from Kamyshan- ka 3	4,0	63,9	125	132	1,12	-6,7	4,45
1822	3,7	65,0	105	97	0,99	-6,4	3,9
Дон 107 (St) / Don 107 (St)	3,5	62,6	100	94	0,85	-5,8	3,6

Хорошо известно, что преимущество сортов озимой мягкой пшеницы устанавливается качеством зерна – содержанием в нем белка и клейковины. Если их содержание имеет большое значение, то не менее важна и их относительная стабильность на протяжении многих лет. Анализ сортов с точки зрения их адаптивных признаков по содержанию белка представлен в таблице 4.

Среднее содержание белка в изученных сортах озимой мягкой пшеницы составило 13,8 %, в среднем за исследуемые годы от 12,3 до 15,7 %, по сортам от 11,4 до 16,2 %. Лучшими по среднему содержанию белка были сорта 382/2, 463/2 – 14,2 % и Дон 107 – 14,5 %. В благоприятные для сбора урожая зерна годы – 2017 и 2019, среднее содержание белка снизилось до 12,3 и 12,8 %, в неблагоприятные – 2018, 2021 увеличилось до 13,5 и 15,7 %. Средний коэффициент вариации составил 14,4 %, варьируя по сортам от 5,2 до 19,5 %. Сорт 463/2 имел высокое содержание белка, почти постоянное в течение года на уровне 14,2 %, с коэффициентом вариации 5,2 %. Сорт Дон 107 также имел высокое среднее содержание белка – 14,5 %, но отличался высокой изменчивостью по годам с коэффициентом вариации 17,0 %. Сорт 463/2 также был лучшим по адаптивности, пластичности, стабильности и стрессоустойчивости показателя – содержанию белка.

Качество зерна озимой мягкой пшеницы также зависит от содержания в нем клейковины. По годам изучаемые сорта имели среднее содержание клейковины 23,8 %, варьируя от 22,5 до 25,3 % по годам и от 22,7 до 25,0 % по сортам. Средний коэффициент вариации признака составляет 14,8 % (табл. 5).

Таблица 4 – Адаптивные возможности сортов озимой мягкой пшеницы по содержанию белка (среднее за 2017-2021 гг.)

Table 4 – Adaptive capacity of winter soft wheat varieties for protein content (average for 2017-2021)

Сорт / Variety	Содержание белка, % / Protein content, %	Коэффициент вариации, % / Coefficient of variation, %	Показатель уровня стабильности сорта, % / Variety stability index, %	Индекс экологической пластичности / Environmental plasticity index	Коэффициент адаптивности, % / Adaptability factor, %	Устойчивость к стрессу, т/га / Stress tolerance, t/ha	Компенсаторная способность, % / Compensation capacity, %
382/2	14,2	16,9	96,0	1,02	100,9	-4,9	13,8
1261	13,8	13,0	117,7	0,99	98	-5,5	13,8
463/1	13,5	19,5	76,6	1,04	103	-2,7	14,8
463/2	14,2	5,2	312,0	1,03	102	-2,1	14,4
Индивидуальный отбор из Камышанки 3 / Individual selection from Kamyshanka 3	13,2	10,6	132,0	0,95	94	-3,5	13,8
1822	13,5	18,5	79,0	0,97	96	-5,7	13,8
Дон 107 (St) / Don 107 (St)	14,5	17,0	100,0	1,01	100	-4,8	14,5

Таблица 5 – Адаптивные возможности сортов озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания по содержанию клейковины (среднее за 2017-2021 гг.)

Table 5 – Adaptive capacity of winter soft wheat varieties of competitive variety trials in terms of gluten content (average for 2017-2021)

Сорт / Variety	Содержание клейковины, % / Gluten content, %	Коэффициент вариации, % / Coefficient of variation, %	Показатель уровня стабильности сорта, % / Variety stability index, %	Индекс экологической пластичности / Environmental plasticity index	Коэффициент адаптивности, % / Adaptability factor, %	Устойчивость к стрессу, т/га / Stress tolerance, t/ha	Компенсаторная способность, % / Compensation capacity, %
382/2	23,1	12,8	39,2	0,96	96	-6,8	22,1
1261	23,9	15,9	32,1	0,99	99	-8,0	24,8
463/1	25,0	12,0	71,0	1,04	104	-6,2	25,6
463/2	24,1	8,9	73,5	1,01	101	-4,6	24,6
Индивидуальный отбор из Камышанки 3 / Individual selection from Kamyshanka 3	22,7	10,2	50,5	0,94	94	-6,4	21,1
1822	24,7	10,0	87,1	1,03	103	-6,4	24,4
Дон 107 (St) / Don 107 (St)	23,6	37,0	14,6	1,00	100	-11,5	24,8

В годы, благоприятные для урожайности зерна сортов озимой мягкой пшеницы, среднее содержание клейковины было низким – 23,5 %, что свидетельствует о недостаточной плодородности почвы и о том, что без бобовых предшественников или азотных удобрений невозможно получить качественное зерно. В неблагоприятные годы содержание клейковины увеличивается на 1-2 %. В среднем более высокое содержание клей-

ковины от 24,1 до 25,0 % и низкий коэффициент вариации по годам от 8,9 до 12,0 % наблюдалось у сортов 463/1, 463/2 и 1822. Эти же сорта выделились лучшими показателями по следующим признакам: стабильность, пластичность, адаптивность, стрессоустойчивость и компенсаторная способность.

Выводы. При выращивании озимой мягкой пшеницы индекс условий среды колебался от 3,17 до -3,68, при среднем значении -0,17, что указывает на преимущественно неблагоприятные и неустойчивые погодные условия и требует повышения адаптивности сортов. Комплекс повышенных элементов продуктивности и качества зерна с низким варьированием по годам наблюдался у сортов 463/1 и 463/2, что свидетельствует об их повышенной адаптивности к местным условиям, они выделялись и лучшими показателями признаков стабильности, пластичности, адаптивности, стрессоустойчивости и компенсаторной способности.

Библиографический список

1. Агробιοлогическая оценка сортов озимой пшеницы, выращиваемых в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края / Е. Б. Дрепа [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 134-141.
2. Адаптивность сортов озимой пшеницы в Среднем Поволжье / Г. Я. Маслова [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2019. Т. 21. № 6. С. 62-65.
3. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г. Экологическая адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (29). С. 15-21.
4. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г., Гаранин М. Н. Формирование качества зерна озимой и яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (33). С. 14-20.
5. Зеленев А. В., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Агроэкономическая оценка продуктивности сортов пшеницы озимой на южных черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 77-88.
6. Зеленев А. В., Сухарева Е. П. Оценка эффективности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 109-119.
7. Зобнина Н. Л., Потапов Г. Н. Урожайность, содержание белка и качество клейковины у сортов озимой пшеницы в опытах Уральского НИИСХ // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 54-59.
8. Комплексная селекционно-семеноводческая работа в условиях Западной Сибири и Урала / И. А. Белан [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (123). С. 5-11.
9. Косенко С. В. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (140). С. 5-8.
10. Левкина К. В., Михальчева Е. А. Продуктивность сортов озимой твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 158-164.
11. Маслова Г. Я., Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Урожайность и элементы структуры урожая сортов озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания в условиях Самарской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 240-246.
12. Селекция озимой мягкой пшеницы на качество зерна в Омской области / Ю. Н. Кашуба [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (151). С. 5-9.
13. Сравнительная оценка продуктивности сортов озимой твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 30-36.

14. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А. Методы и результаты селекции пшеницы мягкой озимой на продуктивность // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. № 4 (3). С. 479-484.
15. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А., Шаболкина Е. Н. Селекция озимой пшеницы в Среднем Поволжье // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2 (3). С. 672-631.
16. Урожайность и основные элементы продуктивности у сортов озимой пшеницы интенсивного типа селекции ВНИИЗК / О. В. Скрипка [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С. 30-32.
17. Impact of grain morphology and the genotype by environment interaction on test weight of spring and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / D. N. Yabwalo [et al.] // Euphytica. 2018. Vol. 214. P. 125.
18. Promising agricultural technologies for growing winter wheat for sustainable agricultural development / A V. Zelenev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021. 2022. P. 012003.
19. The effect of growth regulators with retardant properties on the growth and development of winter wheat / S. I. Voronov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. ASAGRIC 2020. 2021. P. 012022.

Информация об авторах

Зеленев Александр Васильевич, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Волгоградский ГАУ) (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> Zelenev.A@bk.ru

Питоня Антонина Андреевна, ведущий агроном-селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-937-550-30-92, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1418-1629>

Питоня Владимир Николаевич, старший агроном-селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), тел. 8-929-788-49-06, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5827-5638>

Смутнев Павел Анатольевич, ведущий агроном-селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-937-720-38-85, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946>, smut-pavel@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-05

THE INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS ON THE PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY VARIETIES ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

G. A. Medvedev, N. G. Ekaterinicheva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 17.03.2022

Submitted 25.05.2022

*The research was carried out within the framework of the scientific school
"To develop elements of resource-saving technologies for the cultivation of agricultural crops
in the conditions of the Volgograd region"*

Summary

The research was carried out within the framework of the scientific school "To develop elements of resource-saving technologies for the cultivation of agricultural crops in the conditions of the Volgograd region"

Abstract

Introduction. Spring barley is an important grain and grain fodder crop. Annually, more than 300 thousand hectares are allocated for it. However, its yield on average in the region does not exceed 1.5 t / ha. Therefore, to increase the productivity of this crop is quite an urgent and timely task. **Object.** The object of the study are two varieties of spring barley Volgogradsky 8 and Volgogradsky 12 and three regulators of plant growth and development. **Materials and methods.** To solve this problem, field experiments were laid according to the method of B.A.Dospekhov on light chestnut soils of the Ilovinsky district of the Volgograd region in 2020 and 2021. Two-factor field experience included two varieties Volgogradsky 8 and Volgogradsky 12 (Factor A) and four variants of plant growth and development regulators 1. Control seed treatment with clean water. 2. Bigus. 3. Mival-Agro. 4. Cresocin. (Factor B). **Results and conclusions.** The use of growth regulators for pre-sowing treatment of spring barley seeds increases the laboratory germination of seeds by 3.2- 5.4%, and the seed germination energy by 2.7-5.0%. Increases the yield of spring barley varieties by 0.19-0.33 t/ha for the Volgogradsky 8 variety and by 0.16-0.40 t/ha for the Volgogradsky 12 variety. The highest yield was achieved in the Volgograd 12 variety with pre-sowing seed treatment.

Keywords: *barley varieties, growth regulators, field germination, yield, profitability.*

Citation. Medvedev G.A., Yekaterinicheva N.G. The influence of growth regulators on the productivity of spring barley varieties on light chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 46-53 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-05.

Author's contribution. Both authors of this study were directly involved in the planning and implementation of this experiment. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

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

УДК 633.16:631.811.98

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Медведев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Г. Екатериничева, кандидат экономических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Исследования проведены в рамках научной школы «Разработать элементы ресурсосберегающих, технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Волгоградской области»

Актуальность. Яровой ячмень – важная зерновая и зернофуражная культура. Ежегодно под неё отводится более 300 тысяч гектаров. Однако урожайность его в среднем по области не превышает 1,5 т/га, поэтому повысить продуктивность этой культуры – задача вполне актуальная и своевременная. **Объект.** Объектом исследования являются два сорта ярового ячменя, Волгоградский 8 и Волгоградский 12, и три регулятора роста и развития растений. **Материалы и методы.** Для решения этой задачи полевые опыты закладывали по методике Б. А. Доспехова на светло-каштановых почвах Иловлинского района Волгоградской области в 2020 и 2021 годах. Двухфакторный полевой опыт включал два сорта, Волгоградский 8 и Волгоградский 12 (Фактор А), и четыре варианта регуляторов роста и развития растений: 1. Контроль – обработка семян чистой водой. 2. Бигус. 3. Мивал-Агро. 4. Крезацин (Фактор В). **Результаты и выводы.** Применение регуляторов роста для предпосевной обработки семян ярового ячменя повышает лабораторную всхожесть семян на 3,2-5,4 %, а энергию прорастания семян – на 2,7-5,0 %. Увеличивает урожайность сортов ярового ячменя на 0,19-0,33 т/га у сорта Волгоградский 8 и на 0,16-0,40 т/га у сорта Волгоградский 12.

Наибольшая урожайность была достигнута у сорта Волгоградский 12 при предпосевной обработке семян препаратом Мивал-Агро и достигла в среднем за два года 2,24 т/га, что на 0,18 т/га больше, чем у сорта Волгоградский 8 при таком же сочетании факторов. Из регуляторов роста и развития растений лучшим оказался Мивал-Агро. Рентабельность производства ярового ячменя от применения препарата Мивал-Агро увеличилась до 52,8 %.

Ключевые слова: сорта ячменя, регуляторы роста растений, полевая всхожесть ячменя, урожайность ячменя, рентабельность возделывания ячменя.

Цитирование. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г. Влияние регуляторов роста на продуктивность сортов ярового ячменя на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 46-53. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-05.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Зерно ярового ячменя используется как в пищу человека, так и в корм животным, поэтому для успешного развития животноводства Волгоградской области одной из основных задач является создание прочной кормовой базы. С развитием животноводства в области фуражного зерна потребуется значительно больше. Это, естественно, приведет к расширению посевных площадей под яровым ячменем. Уже в 2021 году посевная площадь под яровым ячменем достигла 316,4 тыс. га. Это значительно больше, чем было в 2020 году. В этом году средняя урожайность ячменя по области составила всего 0,77 т/га. Такая низкая урожайность ярового ячменя связана, с одной стороны, с неблагоприятными погодными условиями, с другой стороны, – с недостаточной разработкой технологии его возделывания [1, 2, 6]. Для получения стабильно высоких урожаев этой ценной фуражной культуры необходимо искать новые элементы технологии его возделывания. К таким приемам, на наш взгляд, относится подбор наиболее урожайных сортов и высокоэффективных регуляторов роста и развития растений. Это и явилось основной задачей наших исследований. В качестве регуляторов роста и развития растений нами были взяты такие препараты, как Бигус, Мивал Агро и Крезацин. Эти регуляторы роста были испытаны на посевах двух новых сортов Волгоградский 8 и Волгоградский 12.

Материалы и методы. Полевые опыты закладывали в Иловлинском районе Волгоградской области в течение двух лет в 2020 и 2021 годах. В полевой опыт были включены два сорта ярового ячменя: Волгоградский 8 и Волгоградский 12 (фактор А). Фактор В – регуляторы роста: 1. Контроль. 2. Бигус (400 мг/т). 3. Мивал Агро (5 г/т) 4. Крезацин (1 мл/т). Сорта ярового ячменя высевали с нормой высева 3,0 млн всхожих семян на гектар. Учетная площадь делянки 100 м². В наших опытах яровой ячмень высевали после озимой пшеницы, идущей по черному пару. Почвы опытного участка – светло-каштановые, тяжелосуглинистые.

Результаты и обсуждение. Погодные условия в годы проведения опытов были разными. Так, за период вегетации ярового ячменя в 2020 году выпало всего 115 мм осадков, то за аналогичный период 2021 года выпало 175 мм осадков, или на 60 мм больше. Это, естественно, впоследствии сказалось на росте и развитии изучаемых сортов. Следует отметить, что действие изучаемых факторов начинает проявляться с фазы всходов и до созревания сортов ярового ячменя.

Лабораторные исследования показали, что регуляторы роста заметно повышают энергию прорастания семян ярового ячменя. Так, если на контроле энергия прорастания в среднем за годы наблюдений была 82-83 %, то на вариантах с регуляторами роста она не опускалась ниже 85 %. Лабораторная всхожесть семян на этих вариантах была также несколько выше, чем на контроле. Это подтвердили и полевые опыты (таблица 1).

Анализируя данные таблицы 1, отмечаем, что полевая всхожесть ярового ячменя в годы наблюдений была довольно высокая и не опускалась по вариантам опыта ниже 82,7 %.

Таблица 1 – Полевая всхожесть и выживаемость растений ярового ячменя в среднем за 2020-2021 гг.

Table 1 – Field germination and survival of spring barley plants, 2020-2021

Сорт	Регулятор роста	Получено всходов, шт./м ²	Полевая всхожесть, %	Растений перед уборкой, шт./м ²	Общая выживаемость, %
Волгоградский 8	Контроль	248,1	82,7	199,8	66,6
	Бигус	255,9	85,3	203,1	67,7
	Мивал-Агро	257,1	85,7	204,0	68,0
	Крезотин	255,6	85,2	202,5	67,5
Волгоградский 12	Контроль	249,0	83,0	201,9	67,3
	Бигус	258,0	86,0	204,5	68,3
	Мивал-Агро	264,6	88,2	208,2	69,4
	Крезотин	258,3	86,1	201,6	67,2

На контрольном варианте разницы между сортами по полевой всхожести и выживаемости растений практически не было. Регуляторы роста на эти показатели оказывали заметное влияние. Так, у сорта Волгоградский 8 полевая всхожесть семян от регуляторов роста Бигус и Крезотин повышалась на 2,6-2,5 %, а от препарата Мивал-Агро – на 3,0 %. У сорта Волгоградский 12 регуляторы роста повышали полевую всхожесть семян еще больше – на 3,0 и 5,2 %. Такая же картина была отмечена и по общей сохранности растений к уборке. Больше всего сохранилось растений к уборке у сорта Волгоградский 12 на варианте с Мивал-Агро – 69,4 %. Поскольку в Волгоградской области лимитирующим фактором в повышении урожайности является влага, то экономии расхода воды по вариантам опыта было уделено особое внимание (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициент суммарного водопотребления сортов ярового ячменя в зависимости от изучаемых факторов в среднем за 2020-2021 гг.

Table 2 – The coefficient of total water consumption of spring barley varieties, depending on the factors studied, 2020-2021

Сорт	Препарат	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, мм	Коэффициент водопотребления, мм/т
Волгоградский 8	Контроль	1,73	247,5	142,7
	Бигус	1,92	247,5	128,6
	Мивал-Агро	2,06	247,5	119,9
	Крезотин	1,94	247,5	127,3
Волгоградский 12	Контроль	1,84	247,5	134,2
	Бигус	2,00	247,5	123,5
	Мивал-Агро	2,24	247,5	110,3
	Крезотин	2,02	247,3	122,3

Как видно из данных таблицы 2, сорт Волгоградский 12 несколько экономнее расходует влагу, чем сорт Волгоградский 8. На каждую тонну урожая сорт Волгоградский 8 расходует 142,7 мм влаги, а сорт Волгоградский 12 – только 134,2 мм, или на 6,1 % меньше. Из регуляторов роста на коэффициент водопотребления больше всего оказывал влияние Мивал-Агро. На этом варианте коэффициент водопотребления у сорта

Волгоградский 8 понижался на 16,0 %, а у сорта Волгоградский 12 – на 17,9 %. Остальные регуляторы роста и развития растений также способствовали более экономному расходованию влаги, но несколько меньше, чем Мивал-Агро.

Различия в сохранности растений по вариантам опыта впоследствии оказали влияние на динамику площади листьев у изучаемых сортов ярового ячменя (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика площади листьев по вариантам опыта в среднем за 2020-2021 гг.

Table 3 – Dynamics of the leaf area according to the variants of the experiment on average for 2020-2021

Сорт	Регулятор роста	Площадь листьев по фазам развития, тыс. кв. м/га				
		кущение	выход в трубку	начало колошения	молочная спелость	восковая спелость
Волгоградский 8	Контроль	10,2	15,5	22,4	17,2	8,3
	Бигус	10,7	15,9	22,6	16,3	9,2
	Мивал-Агро	13,2	21,3	28,6	24,1	10,3
	Крезотин	11,5	18,1	25,4	19,2	10,1
Волгоградский 12	Контроль	11,0	17,1	24,5	19,1	10,2
	Бигус	11,5	18,4	26,0	19,9	10,2
	Мивал-Агро	13,6	22,9	31,2	24,7	12,9
	Крезотин	11,7	18,7	26,7	21,5	10,7

Из данных таблицы 3 видно, что нарастание листовой поверхности у обоих изучаемых сортов идет равномерно до фазы колошения и затем постепенно снижается. В связи с тем что у сорта Волгоградский 12 растений на единицы площади было несколько больше, чем у сорта Волгоградский 8, то площадь листьев во все фазы учета была несколько выше. На контрольном варианте это преимущество составляло по периодам учета всего 1,3-2,1 тыс. м²/га. Влияние регуляторов роста на процесс накопления листового аппарата было более заметным. У обоих сортов наибольшие показатели листовой поверхности были зафиксированы на варианте с препаратом Мивал-Агро. На этом варианте уже в фазу кущения растения заметно превосходили другие варианты по площади листовой поверхности. В дальнейшем это преимущество увеличивалось до фазы колошения, когда растения имели максимальную площадь листьев. В среднем за два года максимальная площадь листьев на этом варианте была наибольшей у сорта Волгоградский 12 и составила 31,2 тыс. м²/га, а у сорта Волгоградский 8 она была только 28,6. тыс. м²/га или на 2,6 тыс. м²/га меньше, в то время как на контроле максимальная площадь листьев по сортам изменялась от 22,4 до 24,5 тыс. м²/га. Растения, выросшие из семян, обработанных препаратами Бигус и Крезотин, также имели значительно большую листовую поверхность во все фазы развития ярового ячменя по сравнению с контролем, но несколько уступали варианту с препаратом Мивал-Агро. Растения, имеющие большую площадь листового аппарата, как правило, формируют более высокий урожай [4, 5, 8, 9, 12, 13]. Это подтверждают и наши наблюдения (таблица 4).

Приведенные данные в таблице 4 свидетельствуют о том, что основные показатели структуры урожая у сорта Волгоградский 12 были заметно предпочтительнее, чем у сорта Волгоградский 8. Все это, естественно, отразилось на продуктивности сортов. Из данных таблицы 4 видно, что в среднем за годы наблюдений биологическая урожайность на контрольном варианте у сорта Волгоградский 12 была на 0,11 т/га, или на 10,6 % больше, чем у сорта Волгоградский 8. Следует отметить, что на вариантах с применением регуляторов роста преимущество сорта Волгоградский 12 также увеличивается. Так, предпосевная обработка семян препаратом Мивал-Агро увеличивала преимущество этого сорта до 0,17

т/га. Действие регуляторов роста на урожайность сортов также было неодинаковым. Наиболее эффективным из них оказался Мивал-Агро. Биологическая урожайность у сорта Волгоградский 8 от применения этого препарата повышалась по сравнению с контролем на 0,33 т/га, или на 11,9 %. Тогда как регуляторы роста Бигус и Крезотин повышали урожайность этого сорта только на 0,19 и 0,21 т/га соответственно.

Таблица 4 – Изменение структуры урожая у сортов ярового ячменя по вариантам опыта (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 4 – Changes in the yield structure of spring barley varieties by experience variants (average for 2020-2021)

Сорт	Регулятор роста	Число растений, шт./м ²	Продуктивная кустистость, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, т/га
Волгоградский 8	Контроль	199,8	2,02	10,4	0,44	41,3	1,77
	Бигус	203,1	2,04	10,5	0,49	46,6	1,97
	Мивал-Агро	204,0	1,82	12,0	0,57	47,5	2,11
	Крезотин	202,5	2,00	10,6	0,49	45,4	1,98
Волгоградский 12	Контроль	201,9	2,06	10,8	0,45	41,6	1,88
	Бигус	204,5	2,05	11,2	0,51	45,5	2,05
	Мивал-Агро	208,2	1,91	12,3	0,59	47,9	2,28
	Крезотин	201,6	2,05	10,8	0,50	46,2	2,06

На сорте Волгоградский 12 эффективность регуляторов роста и развития растений была даже несколько выше – 0,40; 0,17; 0,18 т/га соответственно. По другим показателям структуры урожая преимущество также оставалось на стороне сорта Волгоградский 12. Все это естественно отразилось и на хозяйственной урожайности изучаемых сортов (таблица 5). Поскольку годы наблюдений по увлажнению были различными, то и урожайность по годам сильно изменялась. Так, на контрольном варианте урожайность у обоих сортов в 2020 году была более чем в два раза меньше, чем в 2021 году. На вариантах с предпосевной обработкой семян регуляторами роста эта закономерность полностью сохранилась.

Таблица 5 – Урожайность сортов ярового ячменя по вариантам опыта (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 5 – Yield of spring barley varieties by experimental variants (average for 2020-2021)

Сорт (фактор А)	Регулятор роста (фактор В)	Урожайность, т/га		
		2020 г.	2021 г.	средняя
Волгоградский 8	Контроль	1,12	2,34	1,73
	Бигус	1,28	2,56	1,92
	Мивал-Агро	1,34	2,78	2,06
	Крезотин	1,20	2,67	1,94
Волгоградский 12	Контроль	1,13	2,45	1,84
	Бигус	1,33	2,67	2,00
	Мивал-Агро	1,48	2,98	2,24
	Крезотин	1,26	2,75	2,02

2020 г. -НСР₀₅ А- 0,05. В- 0,09. АВ -0,07

2021 г. -НСР₀₅ А- 0,12. В- 0,15. АВ -0,12

На снижение урожайности в неблагоприятные по погодным условиям годы указывают как российские, так и зарубежные авторы [3, 4, 7, 10, 11, 13]. В среднем за два года хозяйственная урожайность у сорта Волгоградский 12 на всех вариантах была выше, чем у сорта Волгоградский 8. На контроле преимущество сорта Волгоградский 12

составило 0,11 т/га, а на лучшем варианте – 0,18 т/га. Из регуляторов роста и развития растений наиболее эффективным оказался Мивал-Агро. Это подтвердили и экономические расчеты (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние регуляторов роста на экономические показатели возделывания ярового ячменя (среднее за 2020-2021 гг.)

Table 6 – Influence of growth regulators on economic indicators of spring barley cultivation (average for 2020-2021)

Сорт	Регулятор роста	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные издержки, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Расчетная прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
Волгоградский 8	Контроль	1,73	13840	11350	6561	2489	21,9
	Бигус	1,92	15360	11540	6010	3821	33,1
	Мивал-Агро	2,06	16480	11720	5689	4761	40,6
	Крезозин	1,94	15520	11670	6015	3851	33,3
Волгоградский 12	Контроль	1,84	14720	11356	6172	3364	29,1
	Бигус	2,00	16000	11548	5774	4452	38,6
	Мивал-Агро	2,24	17792	11727	5235	6194	52,8
	Крезозин	2,02	16160	11675	5838	4367	37,4

Из данных таблицы 6 видно, что сорт Волгоградский 12 по всем экономическим показателям превосходит сорт Волгоградский 8. Следует также отметить, что все взятые на изучение регуляторы роста значительно улучшали экономические показатели у обоих сортов. Так, если на контрольном варианте себестоимость одной тонны зерна ярового ячменя у сорта Волгоградский 8 составляла 6561 руб., а у сорта Волгоградский 12 – 6172 руб., то на варианте с применением препарата Мивал-Агро она была значительно ниже – 5689 и 5235 руб.

Такая же закономерность отмечена и по уровню рентабельности производства ячменя. Так если на контроле уровень рентабельности колебался по сортам от 21,9 до 29,1 %, то на варианте с предпосевной обработкой семян препаратом Мивал-Агро он изменялся уже от 40,6 до 52,8 % соответственно. Наибольшая расчетная прибыль на гектар также была получена у обоих сортов на варианте с регулятором роста Мивал-Агро.

Выводы. Результаты двухлетних исследований позволяют заключить, что в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области предпочтение следует отдавать сорту Волгоградский 12. Для повышения его урожайности и повышения рентабельности производства этой ценной зернофуражной культуры до 52,8 % необходимо проводить предпосевную обработку семян регулятором роста Мивал-Агро из расчета 5 г/т семян.

Библиографический список

1. Авдеев А. А., Тихонов Н. И. Реакция ярового ячменя Ратник на микроудобрения и гербициды в условиях сухостепной зоны Волгоградской области // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2. С. 16-21.
2. Авдеев А. А., Тихонов Н. И. Современное состояние производства ячменя // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. № 1 (37). С. 61-66.
3. Алабушев А. В., Яценко В. А., Попов А. С. Урожайность и качество зерна сортов ячменя ярового в восточной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3 (51). С. 3-5.
4. Бурунов А. Н., Васин В. Г., Стрижаков А. О. Применение жидких минеральных удобрений Мегамикс на посевах ячменя в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 2. С. 16-22.

5. Бурунов А. Н., Васин В. Г., Михалкин Н. Г. Показатели фотосинтеза ячменя и урожайность при комплексном применении удобрений и стимуляторов роста // Известия Самарской государственной академии. 2021. Выпуск № 4. С. 3-9.

6. Васин В. Г., Бурунов А. Н., Новиков А. В. Продуктивность яровой пшеницы и ячменя при применении удобрений и стимуляторов роста // Вестник Уральской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 20-25.

7. Левакова О. В., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях нечерноземной зоны РФ // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 30-33.

8. Роль приемов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя / С. И. Воронов, В. П. Зволинский, Ю. Н. Плескачев, Р. С. Грабов // Земледелие. 2020. № 2. С. 24-26.

9. Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя / Ю. Н. Плескачев, С. И. Воронов, Р. С. Грабов, Н. И. Матвеева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (37). С. 88-95.

10. Тишков Н. И., Тимашенкова Т. А., Тишков Д. Н. Новый сорт ярового ячменя Чебенёк для сухих степей Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 63-67.

11. Nodelug the tehnological process of tillage / S. G. Mudarisov, J. F. Gabitov, Y. P. Lobachevsky [et al.] // Soils tillage research. 2019. Vol 190. P. 70-77.

12. Review of seed quality tests using optical sensing technologies / M. Huand, Q. G. Wand, Q. B. Zhu [et al.] // Seed Sci Techale. 2015. № 43 (3). P. 337-366.

13. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare*) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India / R. D. Lodhi, L. C. Prasad, S. S. Bomare [et al.] // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2015. Vol. 47. № 2. P. 143-159.

Информация об авторах

Медведев Геннадий Андреевич, профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002 Волгоград, пр. Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. тел. 8 904 75 88663. E-mail: medwedevga@yandex.ru.

Екатериничева Наталья Геннадьевна, доцент кафедры философии, истории и права ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002 Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат экономических наук, доцент. E-mail: nataeka@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-06

EFFECTIVENESS OF VARIOUS TYPES OF PROTECTIVE MEASURES AGAINST LOCUSTS IN THE CONDITIONS OF VOLGOGRAD REGION

A. Yu. Moskvichev¹, S. A. Agapova², L. V. Vronskaya², B. S. Mkrtchyan¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 16.03.2022

Submitted 06.05.2022

Summary

The article discusses the selected main promising insecticides, which are acaricides on the eve of a mass invasion of locusts. The most effective scheme of their introduction using the aviation method of agricultural aircraft «Spectrum-30» is considered.

Abstract

Introduction. It is known that Italian locusts (Italian prus) - (*Calliptamus italicus* L.) are a very unpredictable pest for crops. Therefore, it is very difficult to predict this object. However, it is known that its outbreak repeats after about 10 to 12 years. **Object.** In anticipation of the new locust invasion

that we expect in 2022, the list of permitted drugs should be revised and summarized. After the last outbreak of locusts, the assortment totaled about 54 insecticides. Of this amount, a certain part of the drugs ended their action, they were prohibited for use. In addition, 27 new approved insecticides appeared on the list. Therefore, this article proposes a new list of recommended drugs. **Materials and methods.** The studies were carried out in the conditions of dark chestnut and light chestnut soils of the Volgograd region on the experimental fields of the Peasant farm «Germagenova A. V.» and the scientific field of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture». The bookmarking of experience and observations were carried out according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** This scientific publication provides data on the control of herd locusts on two crops - sunflower and soybeans, as well as the successful methods of controlling these multi-eating pests, such as the use of marginal, spot and barrier treatments, the use of certain additives of rapeseed oil in the working composition of these preparations, which plays the role of an attractant for the accumulation of locust insects, etc.

Key words: *Italian prus, acridocides, insecticides, low-volume spraying, spot and edge treatment, rapeseed oils, attractant, application rates and terms, sunflower, soybeans, crop productivity, economic efficiency.*

Citation. Moskvichev A. Yu., Agapova S. A., Vronskaya L. V., Mkrtchyan B. S. Effectiveness of various types of protective measures against locusts in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 53-62 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-06.

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

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

УДК 632.936

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОТИВ САРАНЧОВЫХ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Ю. Москвичев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. А. Агапова², младший научный сотрудник

Л. В. Вронская², аспирант; В. С. Мкртчян¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 16.03.2022

Дата принятия к печати 06.05.2022

Аннотация. Известно, что итальянская саранча (итальянский прус) весьма непредсказуемый вредитель сельскохозяйственных культур. Поэтому прогнозировать этот объект весьма затруднительно. Однако известно, что ее вспышка повторяется примерно через 10-12 лет. **Объект.** В преддверии нового нашествия саранчи, которое мы ожидаем в 2022 году, следует пересмотреть и обобщить список разрешенных препаратов. После последней вспышки саранчовых ассортимент насчитывал порядка 54 инсектицидов. Из этого количества определенная часть препаратов закончила свое действие, они были запрещены для применения. Помимо этого, в списке появились 27 новых разрешенных инсектицидов. Поэтому в настоящей статье предложен новый перечень рекомендованных препаратов. **Материалы и методы.** Исследования проведены в условиях темно-каштановых и светло-каштановых почв Волгоградской области на опытных полях КФХ «Гермагенова А. В.» и научного поля ФГБНУ ВНИИОЗ. Закладка опыта и наблюдения проводились по общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** В данной научной публикации приведены данные по борьбе со стадными саранчовыми на двух культурах – подсолнечнике и сое, а также рассмотрены успешные приемы борьбы с этими многоядными вредителями, такие как применение краевых, точечных и барьерных обработок, использование в рабочем составе этих препаратов определенных добавок рапсового масла, играющего роль аттрактанта для скопления насекомых саранчи и др.

Ключевые слова: итальянский прус, акридоциды, малообъемное опрыскивание, точечная обработка, краевая обработка, рапсовые масла, аттрактанты, продуктивность посевов, саранчовые.

Цитирование. Москвичев А. Ю., Агапова С. А., Вронская Л. В., Мкртчян В. С. Эффективность различных видов защитных мероприятий против саранчовых в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 2 (66). 53-62. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-06.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Всего зафиксировано порядка 60 видов саранчовых, из них на землях Волгоградской области зарегистрировано около 30 видов. Самыми опасными считаются два стадных вида - итальянский прус (*Calliptamus italicus* L.) и азиатская саранча (*Locusta migratoria* L.) [1].

Стадные особи, собираясь в стаи или кулиги, наносят опустошающий эффект на зеленую растительность в агроландшафте. Скопления саранчи бывают довольно многочисленны, и иной раз эти образования могут насчитывать до нескольких миллиардов особей, которые съедают все на своем пути. Впоследствии, при прохождении 5 возрастов развития, саранча становится «на крыло» и перемещается на большие расстояния, преодолевая реки, водохранилища и др. Попадая в новые места, продолжает вредить на возделываемых культурах, а также на естественной растительности [2]. Кладки яиц в виде кубышек прус делает на необрабатываемых землях – в степных биотопах и залежных землях. К границам Волгоградской области подходит и еще один стадный вид саранчовых – марокканская саранча [4], которая в России встречается в южных районах – Калмыкии, Краснодарском и Ставропольском краях. Вредят и нестадные виды саранчи. В целом саранча довольно прожорлива, хотя не только пищевая потребность является причиной таких миграций. Приводят такое сравнение об аппетите этого вредного объекта – в течение своей жизни насекомое съедает в среднем 300-350 г растительной массы, а ежедневный объем в два раза превышает собственную массу. За последние годы отмечено увеличение вредоносности саранчовых в 1,5-2,5 раза, что связано с некоторыми изменениями как антропогенного, так и климатического порядка [4]. Во-первых, рост численности саранчовых произошел из-за развала и преобразования единой целостной службы защиты растений, хотя сейчас нашествие саранчи контролируется службой МЧС России и это явление обозначается как ЧС (чрезвычайная ситуация). Во-вторых, из-за грубого нарушения приемов агротехники возделывания культур, появления бросовых земель, особенно на востоке и юго-востоке области, нарушения структуры посевных площадей, несоблюдения севооборотов, а также применения поверхностной обработки почвы при внедрении новых технологий, таких как No-Till, Stud Till и др. В-третьих, это связано с аридизацией климата, что благоприятно сказывается в целом на развитии саранчовых. В результате этого значительные территории в степных районах Поволжья, Северного Кавказа, на юге Урала и Западной Сибири подверглись нашествию стадных саранчовых (итальянский прус, азиатская и марокканская саранча) и комплекса нестадных видов (атбасарка, сибирская, крестовая, темнокрылая и другие виды кобылок). Только за один 2021 год против этих видов было обработано около 4 млн. га сельскохозяйственных угодий [6, 8].

В основе химической защиты растений от этих вредных объектов в последние годы использовались сплошные обработки с привлечением инсектицидов широкого спектра действия, часто одного химического класса (пиретроидов, фосфорорганических), что не дает реального снижения ущерба и уменьшения численности саранчовых [3].

Но сформировавшийся ассортимент применения пиретроидов, неоникотиноидов и препаратов фосфорорганических соединений, применение которых осуществляется с помощью большой авиации (самолета АН-2) и наземной техники, не обеспечивал должной и ожидаемой отдачи. В связи с этим нужно было осуществить совершенствование технологии борьбы с саранчовыми, нацеленной на максимальное подавление их вредной деятельности при уменьшении затрат на обработки и снижении негативного воздействия препаратов на агроландшафты. Ослабление пестицидной нагрузки на единицу защищаемой поверхности достигается с помощью приемов, базирующихся на использовании ограниченных краевых обработок посевов культур, точечного внесения в местах большей концентрации саранчовых (против кулиг, стай) и периодических барьерных или полосных обработок, а также применение пестицидов на основных направлениях движения их особей [9]. При барьерной обработке опрыскиваемые полосы (барьеры) чередуются с необработываемыми (где межбарьерные пространства составляют 60-110 м), что существенно (от 30 до 51 %) уменьшает расход препаратов и снижает издержки на осуществление химических мероприятий.

На данный момент подобран и утвержден список акридоцидов – инсектицидов против саранчовых на основе 67 препаратов из классов фосфорорганических соединений, пиретроидов, неоникотиноидов, фенилпиразолов и бензоилмочевин, которые отличаются по механизму действия, спектру активности и персистентности и др.[13].

Таблица 1 – Ассортимент действующих препаратов, в борьбе с саранчовыми на современном этапе

Table 1 – The range of active drugs in the fight against locusts at the present stage

Акридоциды	Действующее начало	Дозировка	Акридоциды	Действующее начало	Дозировка
1	2	3	4	5	6
Ария, КС (250 г/л)	Фипронил	0,02 л/га	Кунгфу, КЭ (50 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,15 л/га, 0,4 л/га, 0,2-0,4 л/га
Армин, КЭ (100 г/л)		0,15 л/га	Лассо, КЭ (50 г/л)		0,4 л/га
Альфаплан, КС (200 г/л)		0,1-0,15 л/га	Локустин, КС (125 + 110 г/л)	Дифлубензурон + имидаклоприд	0,08-0,12 л/га, 0,08-0,12 (А) л/га
Альфатек, КЭ (100 г/л)		0,3 г/л	Лямдекс, КЭ (50 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,15 л/га, 0,2-0,4 л/га
Аккорд, КЭ (100 г/л)		0,3 л/га	Мамба, КЭ (100 г/л)	Альфа-циперметрин	0,15-0,2 л/га
Алтын, КЭ (50 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,15 л/га, 0,2-0,4 л/га	Матч, КЭ (50 г/л)	Люфенурон	0,15 л/га
Альтаир, КЭ (100 г/л)	Альфа-циперметрин	0,3 л/га	Метаризин, Ж (титр не менее 10*8 КОЕ/мл)	Metarhizium anisopliae P-72	2-5 л/га
Альтерр, КЭ (100 г/л)		0,3 л/га	Молния, КЭ (50 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,15 л/га, 0,2-0,4 л/га
Альфа-Циппи, КЭ (100 г/л)		0,3 л/га	Монарх, ВДГ (800 г/кг)	Фипронил	0,005 л/га
Альфабел, КЭ (100 г/л)		0,15 л/га	Моспилан, РП (200 г/кг)	Ацетамиприд	0,06-0,08 л/га

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 2 (66), 2022

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Арриво, КЭ (250 г/л)	Циперметрин	0,1-0,15 л/га	Орбита, КЭ (25 г/л)	Дельтаметрин	0,2-0,35 л/га
Борей Нео, СК (125 + 100 + 50 г/л)	Альфа-циперметрин + имидаклоприд + клотианидин	0,1-0,2 л/га, 0,1-0,2 л/га (А*)	Пикет, КЭ (100 г/л)	Альфа-циперметрин	0,15 л/га
Борей, СК (150 + 50 г/л)	Имидаклоприд + лямбда-цигалотрин	0,1 л/га (А), 0,1-0,15 л/га	Ранголи – Имидаклоприд, ВКР (200 г/л)	Имидаклоприд	0,05-0,075 л/га
Брейк, МЭ (100 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,2 л/га, 0,05-0,07 л/га	Самум, КЭ (50 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,15 л/га, 0,2-0,4 л/га
Вантекс, МКС (60 г/л)	Гамма-цигалотрин	0,06-0,08 л/га, 0,06-0,08 л/га (А), 0,12-0,16 л/га	Самурай Супер, КЭ (500 г/л)	Фенитроцион	0,8-1,8 л/га
Герольд, ВСК (240 г/л)	Дифлубензурон	0,05 л/га, 0,05 л/га (А)	Скарабей, СЭ (300 + 88 г/л)	Дифлубензурон + эсфенвалерат	0,2 л/га
Гладиатор, КЭ (50 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,15 л/га, 0,4 л/га	Сумиджу, КЭ (500 г/л)	Фенитроцион	0,8-1,8 л/га
Гринда, РП (200 г/кг)	Ацетамиприд	0,06-0,08 л/га	Сумитион, КЭ (500 г/л)		0,8-1,8 л/га
Готика, КС (106 + 141 г/л)	Лямбда-цигалотрин + тиаметоксам	0,1-0,2 л/га (А), 0,1-0,2 л/га	Тайшин, ВДГ (500 г/кг)	Клотианидин	0,02-0,03 л/га
Децис Эксперт, КЭ (100 г/л)	Дельтаметрин	0,1-0,175 л/га	Танрек, ВРК (200 г/л)	Имидаклоприд	0,05-0,075 л/га (А), 0,05-0,075 л/га
Димилин, ВДГ (800 г/кг)	Дифлубензурон	0,0156 (А) кг/га (0,044 кг/га в барьере)	Таран, ВЭ (100 г/л)	Зета-циперметрин	0,1-0,15 л/га
Дифлуцид, СП (250 г/кг)		0,05 л/га (0,14 в барьере) 0,14 (А)	Тибор, КЭ (300-40 г/л)	Димекоат + Бета-циперметрин	0,3-0,4 л/га
Зеленый барьер, СП (10*8 КОЕ/г)	Beauveria bassiana	0,05 л/га, 0,05 (А) л/га	Фаскорд, КЭ (100 г/л)	Альфа-циперметрин	0,3 л/га
Имидашанс, ВКР (200 г/л)	Имидаклоприд	0,05-0,075 л/га, 0,05-0,075 (А) л/га	Фастак, КЭ (100 г/л)		0,2-0,3 л/га
Имидж Плюс, КЭ (150 + 75 г/л)	Имидаклоприд + альфа-циперметрин	0,05-0,1 л/га	Фасшанс, КЭ (100 г/л)		0,3 л/га
Имидж, ВКР (200 г/л)	Имидаклоприд	0,05-0,075 (А) л/га, 0,05-0,075 л/га	Фатрин, КЭ (100 г/л)		0,15 л/га
Имидор, ВКР (200 г/л)		0,05-0,075 (А) л/га, 0,05-0,075 л/га	Фьюри, ВЭ (100 г/л)	Зета-циперметрин	0,1 л/га, 0,1-0,15 л/га, 0,1 (А) л/га

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Каратэ Зеон, МКС (50 г/л)	Лямбда-цигалотрин	0,1-0,15 л/га, 0,1-0,15 (А) л/га, 0,2-0,4 л/га, 0,2-0,4 (А) л/га	Цезарь, КЭ (100 г/л)	Альфа-циперметрин	0,2-0,3 л/га
Кинмикс, КЭ (50 г/л)	Бета-циперметрин	0,5-0,6 л/га	Ци-Альфа, КЭ (100 г/л)		0,2-0,3 л/га
Кинфос, КЭ (300 + 40 г/л)	Диметоат + бета-циперметрин	0,3-0,4 л/га	Циперус, КЭ (250 г/л)	Циперметрин	0,1-0,15 л/га
Клонрин, КЭ (150 + 100 г/л)	Клотианидин + зета-циперметрин	0,1-0,2 (А) л/га, 0,1-0,2 л/га	Ципи Плюс, КЭ (480 + 50 г/л)	Хлорпирифос + циперметрин	0,5 л/га
Клотиамет, ВДГ (500 г/кг)	Клотианидин	0,02-0,03 л/га	Цунами, КЭ (100 г/л)	Альфа-циперметрин	0,3 л/га
Конфидор Экстра, ВДГ (700 г/кг)	Имидаклоприд	0,015-0,03 (А) л/га, 0,015-0,03 л/га	Шарпей, МЭ (250 г/л)	Циперметрин	0,1-0,15 л/га

* (А) – авиаобработка.

Все перечисленные препараты предназначены для обработки пастбищ, участков на возделываемых культурах, заселенных саранчовыми.

Необходимо разумно сочетать химические средства защиты растений от саранчовых, которые выделили в отдельную группу с таким обозначением, как акридоциды. Эти препараты из класса синтетических пиретроидов, классической фосфорорганики и более современных соединений – неоникотиноидов необходимо использовать следующим образом: для сплошных обработок при существенном скоплении особей саранчовых или их перемещении нужно применять препараты скоротечного, быстрого действия (лучше баковых композиций, состоящих из 2 или 3 акридоцидов) [15]. Для выборочного использования или для создания барьера необходимы препараты пролонгированного (длительного) действия, самые перспективные для аридных условий мелко-дисперсные малообъемные технологии обработок маслянистыми (а не водными) растворами посредством малой авиации (самолет типа «Бекас») [10, 11].

Материалы и методы. Район исследования – зона темно-каштановых и светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья. Полевые опыты заложены в КФХ «Гермагенов А. В.», расположенном в Даниловском районе Волгоградской области на темно-каштановой почве. Обработки против саранчовых проводили малообъемным опрыскиванием, как наземным, так и авиационным методами. Технические характеристики сельхозсамолета «Спектр - 30»: размах крыла - 9,5 м; максимальная ширина захвата - 25 м; максимальный взлетный вес - 579 кг; оптимальная высота обработки - 2,5 м; расход топлива - 17 л/ч; расход рабочего раствора - 3,0-5,0 л/га; длина разбега/посадки - 65/45 м; скорость при обработке - 100 км/ч; скорости: мак. мин. - 140 км/ч / 52 км/ч; производительность - до 310 га/ч.

Исследования по защите сои против саранчовых проводили также в ФГБУ «Опытная станция «Орошаемая» в 2021 году в Городищенском районе Волгоградской области на светло-каштановых почвах.

Результаты и обсуждение. При авиационных обработках сельскохозяйственных культур от вредителей в 1,5 раза повышается урожайность отдельных защищаемых культур, это также сказывается на производстве зерна, качество которого после обра-

боток с помощью авиации увеличивается на 20-40 %. Волгоградский регион в настоящем располагает парком более 30 самолетов малой авиации, не считая бортов АН-2 и малой авиации типа «Бекас». При этом лидирующее положение занимает ООО «Научно-техническая корпорация» (г. Волгоград), где разработана и внедрена эффективная замена опрыскивающей аппаратуры самолёта АН-2 на защищаемых культурах. Использование малой авиации – сельхозсамолета «Спектр-30» или «Бекас» – довольно перспективно при осуществлении аэросева, лесоохране древесных насаждений, патрулировании, аэрофотосъемке, видеонаблюдении для выявления очагов возгорания на лесных и сельскохозяйственных угодьях Волгоградской области [12].

На сегодняшний день в преддверии появления саранчовых на сельхозугодьях нашего региона весьма остро стоит вопрос в выборе способа химической защиты наземным или авиационным опрыскиванием. Наземные способы борьбы против саранчовых нивелируются постоянно прибывающей массой вредителя, при этом порой не виден результат и плохо обозначаются контуры кулиг этого вредителя. Не вызывает сомнения эффективность авиационного способа защиты в борьбе с саранчовыми, особенно применение малой авиации. Для небольших самолетов малой авиации не нужна громоздкая инфраструктура в виде постоянных аэродромов, бензовозов, водовозов и другой техники. Такие «воздушные трактора» могут садиться и взлетать на краях обрабатываемых полей. Здесь же можно производить заправку [14].

В полевых опытах в КФХ «Гермагенов А. В.», расположенном в Даниловском районе Волгоградской области на темно-каштановой почве, при малообъемном опрыскивании подсолнечника как наземным, так и авиационным методами получены хорошие результаты. Например, четко отрегулированная авиационная аппаратура самолета «Спектр-30» при выверенной дозировке рабочего раствора 3,0-5,0 л/га, с размером капель порядка 110 мкм и однородном их распределении на обрабатываемой поверхности растения с частотой покрытия до 20 капель на см² позволяет получить техническую эффективность применения акрицидов на уровне 96-98 % против саранчовых (таблица 2). При этом к рабочему раствору рекомендуется добавлять аттрактанты, привлекающие саранчовых, что повышает результативность применяемых акрицидов в борьбе с видами саранчовых [7].

Таблица 2 – Целесообразность различных способов опрыскивания против итальянского пруса на посевах подсолнечника в КФХ «Гермагенова А. В.» в 2020 году

Table 2 – The feasibility of various methods of spraying against the Italian locust on sunflower crops in the farm "Germagenova A.V." in 2020

Виды химических обработок	Урожайность, т/га	Прибавка урожая		Существующие затраты, руб./га	Техническая эффективность, %
		т/га	%		
Контроль (без применения)	1,19	-	-	-	-
Наземный	1,43	0,24	20,2	120,00	98,4
Малая авиация	1,52	0,33	27,7	135,00	97,8
Большая авиация	1,48	0,29	24,4	300,00	96,4
НСР ₀₅	0,12				

Сравнивая показатели затрат на проведение отдельных видов обработок, следует обозначить, что минимальные издержки были при менее трудоемком наземном способе борьбы с итальянским прусом (120 руб./га), а максимальными они оказались при использовании химпрепаратов с помощью «большой авиации» – самолет АН-2 – (300 руб./га). Затраты на малую авиацию занимали срединное значение (135 руб./га). Наибольший урожай маслосемян подсолнечника, 1,52 т/га, был получен при использо-

вании самолета «Спектр-30». Анализ технической эффективности этих видов обработок показал, что она была довольно высокой (96,4-98,4 %), максимальная эффективность отмечена при наземном способе применения.

На отдельных полосах посевов подсолнечника проводилась проверка препаратов быстрого действия Альфа - Шанс и пролонгированного или длительного влияния Монарх, в рекомендуемых дозировках. Результаты защитных мероприятий при возделывании этой культуры представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Эффективность акридоцидов против саранчи и продуктивность маслосемян подсолнечника в 2020 году при наземном способе обработки

Table 3 – Efficiency of acridicides against locusts and productivity of sunflower oil seeds in 2020 with ground treatment

Варианты опыта	Урожай маслосемян, т/га	Прибавка урожая		Техническая эффективность, %
		т/га	%	
Контроль (без обработки)	1,19	-	-	-
Альфа – Шанс	1,43	0,24	20,2	97,4
Монарх	1,59	0,40	33,6	98,7
НСР ₀₅	0,12			

В случаях, когда стадные виды саранчовых не являются постоянными вредителями, защитные мероприятия с ними должны быть осуществлены при появлении очагов и кулиг личинок с применением препаратов пролонгированного действия, которые дают длительную защиту и обеспечивают сохранность урожая защищаемых культур.

Наибольшая продуктивность маслосемян было достигнута при использовании препарата длительного действия (до 40 дней) Монарх. Она составила 1,59 т/га при технической эффективности 98,7 %. Использование инсектицида быстрого действия Альфа-Шанс (до 20 дней) было менее продуктивным (1,43 т/га) и эффективным (97,4 %). Исходя из вышеизложенного для успешной защиты возделываемых культур от стадных саранчовых необходимо использовать препараты пролонгированного действия с применением всего комплекса видов химических обработок (наземного и авиационного применения). Однако при проведении барьерных обработок целинных и залежных земель, а также культур сплошного сева предпочтение нужно отдавать авиационному способу обработки, особенно при помощи малой авиации – самолетов «Спектр-30», «Бекас» и других. Преимущества таких «воздушных тракторов» следующие: внеаэродромное базирование, небольшие взлетно-посадочные полосы, обработка небольших площадей сложной конфигурации, мобильность перемещения, точность и качество опрыскивания при небольших расходах рабочего препарата, применение спутниковой навигационной системы, сертифицированная аппаратура мелкокапельного малообъемного внесения рабочих смесей.

В 2021 году на территории ФГБУ «Опытная станция «Орошаемая» наблюдался очаг итальянского пруса, который затронул и посевы сои на орошении. В связи с этим в борьбе с саранчой была проведена химическая обработка посевов. Для сравнения были взяты два препарата, которые относились к разным химическим группам: Каратэ Зеон (действующее вещество лямбда-цигалотрин) и Имидж Плюс, относящийся к неоникотиноидам и синтетическим пиретроидам. В качестве контроля служил необработанный участок. Опрыскивание осуществлялось наземным способом простейшим опрыскивателем ОП-2000 с нормой расхода рабочего раствора 200 л/га. Результаты испытаний изложены в таблице 4.

Таблица 4 – Эффективность использования препаратов против итальянского пруса на орошаемой сое 2021 г.

Table 4 – The effectiveness of the use of drugs against Italian locust on irrigated soybeans in 2021

Варианты опыта	Биологическая эффективность, %	Урожайность, т/га	Увеличение урожая		Чистый доход	
			т/га	%	на 1 га	на 1 руб. доп. затрат
Контроль (без обработки)	-	2,8	-	-		-
Каратэ Зеон	92,4	2,98	0,18	6,43	400,23	8,1
Имидж Плюс, КЭ	98,1	3,01	0,21	7,50	453,51	9,9
НСР ₀₅		0,24				

Из данных таблицы следует, что наибольшая биологическая эффективность оказалась при использовании препарата Имидж Плюс, которая равнялась 98,1 %, против 92,4 % при обработке Каратэ Зеон. На контроле сформировался урожай в 2,8 т/га. Прибавка урожая зерна сои при использовании Каратэ Зеон составила 0,18 т/га, а Имидж Плюс – 0,21 т/га. При этом дополнительный чистый доход на руб. дополнительных затрат при использовании этих препаратов составил 8,1 руб. и 9,9 руб. соответственно.

Выводы. В преддверии появления саранчовых на сельхозугодьях Волгоградской области для сельхозтоваропроизводителей сформирован актуальный список наиболее эффективных акрицидов, указанных в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации, для использования в качестве защитных мероприятий против саранчовых. Исследованиями убедительно доказано преимущество авиационных методов в борьбе со стадными саранчовыми, особенно малой авиации – самолетов «Спектр-30». Обосновано, что защитные мероприятия на посевах сельскохозяйственных культур против саранчовых оказываются более эффективными при применении химических препаратов пролонгированного действия, которые дают длительную защиту и обеспечивают большую сохранность урожая защищаемых культур.

Библиографический список

1. Астанкова С. В., Золотых Ю. Н. Саранча снова атакует Ставрополье // Социально-культурные и исторические аспекты развития региона: история и современность. Ставрополь, 2018. Выпуск 15. Ч. 1. С. 13-15.
2. Гричанов И. Я., Саулич М. И. Вредители сельскохозяйственных культур. *Calliptamus italicus* (L.) – Итальянский прус. 2005. <http://www.agroatlas.ru>
3. Камбулин В. Е. Азиатская саранча – вчера, сегодня, завтра // Защита и карантин растений. 2017. № 1. С. 11-13.
4. Кузнецова О. В. Мароккская саранча в Ставропольском крае // Защита и карантин растений. 2018. № 3. С. 14-18.
5. Леднев Г. Р., Хомицкая Л. Н., Казарцев И. А. Вспышки массового размножения азиатской саранчи в Краснодарском крае. Феномен второго поколения // Защита и карантин растений. 2021. № 2. С. 28-30.
6. Марс А. М., Мальков А. М., Говоров Д. Н. Россия и Казахстан продолжают вместе бороться с саранчой // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 7-9.
7. Мещерякова Н. О., Стрелков В. А. Влияние вспышек численности азиатской саранчи *Locusta migratoria* на ход осенней миграции хищных птиц в дельте Волги // Русский орнитологический журнал. 2021. Т. 30. № 2087. С. 3069-3074.
8. Молдабаева М. Н., Ермаганбетов Т. Модели динамики численности популяции саранчи // Актуальные научные исследования в современном мире. 2018. № 3 (35). С. 89-93.

9. Москвичев А. Ю., Карпова Т. Л., Мкртчян В. С. Вредная саранча на Юго-Востоке: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. 108 с.

10. Москвичев А. Ю. Новые подходы в преддверии нашествия саранчи на Волгоградских землях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 72-83.

11. Насиев Б. Н., Габдулов М. А. Распространение азиатской саранчи в полупустынной зоне и эффективность современных инсектицидов // Евразийский союз ученых. 2015. № 2-4 (11). С. 70-72.

12. Никитенко Г. В. Перспективные способы борьбы с саранчой // Сельский механизатор. 2019. № 11. С. 12-13.

13. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году / под ред. Д. Н. Говорова, А. В. Живых. М., 2018. 978 с.

14. Klein I., Oppelt N., Kuenzer C. Application of remote sensing data for locust research and management // Insects Open Access. 2021. Vol. 12. Iss. 3. Pp. 1-39.

15. Sergeev M. G. The Rise and Fall of Italian Locust (*Calliptamus italicus* L.) Populations in the Siberian Steppes: Riding the Horns of Dilemmas // Agronomy. 2021. Vol. 11. Article number 746.

Информация об авторах

Москвичев Александр Юрьевич, доктор с.-х. наук, профессор Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоград, (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-2885>, E-mail: moskvichev56@bk.ru, 89053344394,

Агапова Светлана Александровна, младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, Волгоград, (400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5159-6578>, e-mail: sveta-sxi@rambler.ru, тел: 89275297451,

Вронская Любовь Васильевна, аспирант, младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, Волгоград, (400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7753-9229>, e-mail: Vronskaia-l@mail.ru, тел: +79173322329,

Мкртчян Вардан Самвелович, аспирант, Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоград, (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: vardinho@mai.ru, тел: 89199827778.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-07

BIOLOGICAL METHOD OF PRODUCTIVITY MANAGEMENT OF IRRIGATED GRAPE VARIETY «LIVIA»

V.S. Petrov¹, A.V. Fisyura², A.A. Marmorshtein¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar*

²*Peasant farm «T.B. Fisyura», Dinskoy District, Krasnodar Region*

Received 31.03.2022

Submitted 25.05.2022

The study was carried out with financially supported of the Kuban Science Foundation within the framework of the scientific project No. MFI – 20.1/20

Summary

The article presents trends in the productivity of grape variety Livia under the influence of different loads of bushes with shoots and bunches. The most effective regulations for the management of plantings for practical use in industrial production are highlighted.

Abstract

Introduction. The relevance is due to the need to develop zonal, variety-oriented biotechnologies based on manipulations with vegetative and generative organs of plants, effective use of the resource edaphoclimatic potential of agroterritories and biological features of genotypes in the production process of grape culture. This approach ensures an increase in the productivity of grapes without addi-

tional investment. **Object.** Table grape variety Livia on the rootstock Berlandieri × Riparia SO4.

Materials and methods. The subject of the study is the patterns of changes in the productivity of grapes depending on the different load of bushes with shoots and bunches. The research was carried out in the Central agroecological zone of viticulture (the fourth subzone) of the Krasnodar region, on vineyards with drip irrigation. The planting scheme of the bushes is 3.8 × 2.0 m, the formation of bushes is a high-standard two-armed cordon. A two-factor trial of loading bushes with shoots and bunches was set according to Dospekhov B.A. Agro-biological records were carried out using modern conventional methods. **Results and conclusion.** The grape variety Livia has a high productive responsiveness to the optimization of the structural elements of the bush. There is a change in the mass of the bunch and the yield of grapes due to manipulation with vegetative and generative organs of plants, depending on the load of bushes with shoots and bunches. In the Central agroecological zone of viticulture of the Krasnodar region, the mass of the bunch tends to increase with an increase in the load of bushes with shoots and a decrease in the load of bushes with bunches. The largest mass of the bunch is formed when the bushes are loaded with shoots of 31 pcs./bush and bunches of 20 pcs./bush and is 0.546 kg. The yield capacity of grape berries, including commercial, tends to increase with an increase in the load of bushes with shoots and bunches. The highest yield capacity was 20.8 t/ha when the bushes were loaded with shoots of 31 pcs./bush and bunches of 34 pcs./bush. The correlation dependence of the grape yield capacity on the number of shoots on the bushes was weak, $r=0.27$, on the number of bunches – average, $r=0.58$, on the mass of the bunch – strong, $r=0.79$. The share of commercial grapes in such cultivation of plantings is high, on average 89%. The largest share of commercial grapes was 97% of the maximum yield with the greatest load of bushes with shoots of 31 pcs./bush and the average load of bushes with bunches of 26 pcs./bush and amounted to 16.65 t/ha. To obtain a high yield of the Livia variety on the Berlandieri × Riparia SO4 rootstock in industrial production, it is recommended to load bushes with shoots of 31 pcs./bush and bunches of 34 pcs./bush.

Key words: grapes, biotechnologies, production potential, management, variety-oriented technology.

Citation. Petrov V.S., Fisyura A.V., Marmorshtein A.A. Biological method of productivity management of irrigated grape variety «Livia». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 62-71 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-07.

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

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

УДК 634.8:631.54

БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ОРОШАЕМОГО ВИНОГРАДА СОРТА ЛИВИЯ

В. С. Петров¹, доктор сельскохозяйственных наук

А. В. Фисюра²

А. А. Марморштейн¹, аспирант

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

²КФХ «Т. Б. Фисюра», Динской район, Краснодарский край, Россия

Дата поступления в редакцию 31.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда
в рамках научного проекта № МФИ–20.1/20*

Актуальность обусловлена необходимостью разработки зонально-, сорт ориентированных биотехнологий на основе манипуляций с вегетативными и генеративными органами растений, эффективного использования ресурсного почвенно-климатического потенциала агротерриторий и биологических особенностей генотипов в продукционном процессе культуры винограда. Такой

подход обеспечивает повышение продуктивности винограда без дополнительных капиталовложений. **Объект.** Столовый виноград сорт Ливия на подвое Берландиери × Рипариа SO4. **Материалы и методы.** Предмет исследования – закономерности изменения продуктивности винограда в зависимости от разной нагрузки кустов побегами и гроздьями. Исследования выполнены в Центральной агроэкологической зоне виноградарства (четвертая подзона) Краснодарского края, на виноградниках с капельным орошением. Схема посадки кустов винограда 3,8×2,0 м, форма кустов – высокоштамбовый двуплечий кордон. Двухфакторный опыт нагрузки кустов побегами и гроздьями поставлен по Б. А. Доспехову. Агробиологические учеты выполнены с использованием современных методов, принятых в мировой практике. **Результаты и выводы.** Виноград сорта Ливия обладает высокой продукционной отзывчивостью на оптимизацию структурных элементов куста. При манипуляции с вегетативными и генеративными органами растений наблюдается изменение массы грозди и урожая винограда в зависимости от нагрузки кустов побегами и гроздьями. В центральной агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края масса грозди имеет тенденцию к увеличению при увеличении нагрузки кустов побегами и уменьшении гроздьями. Наибольшая масса грозди формируется при нагрузке кустов побегами 31 шт./куст и гроздьями 20 шт./куст и составляет 0,546 кг. Урожайность ягод винограда, в том числе товарная, имеет тенденцию к увеличению при увеличении нагрузки кустов побегами и гроздьями. Наибольшая урожайность была 20,8 т/га при нагрузке кустов побегами 31 шт./куст и гроздьями 34 шт./куст. Корреляционная зависимость урожайности ягод винограда от количества побегов на кустах была слабой, $r = 0,27$, от количества гроздей – средней, $r = 0,58$, от массы грозди – сильной, $r = 0,79$. Доля товарного винограда при таком возделывании насаждений высокая, в среднем 89 %. Наибольшая доля товарного винограда была 97 % от максимальной урожайности при наибольшей нагрузке кустов побегами 31 шт./куст и средней нагрузке кустов гроздьями 26 шт./куст и составляла 16,65 т/га. Для получения высокого урожая винограда сорта Ливия на подвое Берландиери × Рипариа SO4 в промышленном производстве рекомендуется нагрузка кустов побегами 31 шт./куст и гроздьями 34 шт./куст.

Ключевые слова: сорта винограда, биотехнологии виноградарства, продукционный потенциал винограда, сортоориентированная технология.

Цитирование. Петров В. С., Фисюра А. В., Марморштейн А. А. Биологический метод управления продуктивностью орошаемого винограда сорта Ливия. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 62-71. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-07.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали экспериментальный материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Наиболее актуальной задачей современного виноградарства является повышение продуктивности насаждений, улучшение качества ягод винограда, оптимизация ресурсозатрат в технологическом процессе, уменьшение себестоимости готовой продукции, повышение конкурентоспособности отечественного виноградарства. Уровень реализации потенциала хозяйственной продуктивности винограда в агроэкологических условиях юга России составляет в среднем 60 %. Биологические особенности генотипов винограда и ресурсный почвенно-климатический потенциал агротерритории позволяют повысить уровень реализации потенциала хозяйственной продуктивности винограда до 80 %, соответственно существенно увеличить валовой сбор винограда в Краснодарском крае на 40 тыс. тонн в год.

Продукционный процесс в большом жизненном и малом годовом циклах онтогенеза винограда зависит от множества природных и антропогенных факторов. Основные природные факторы – свет, тепло, вода, питание носят первичный характер и оказывают прямое влияние на ростовые процессы, продуктивность и качество винограда.

Антропогенные факторы возникают в результате деятельности человека – организация территории, подбор и размещение сортов, способы закладки насаждений, формирования и ведения кустов, обработки почвы, удобрение, орошение и т.д. Все они но-

сят вторичный характер и используются в качестве инструмента для управления природными факторами [13]. Выполняя средообразующую роль, антропогенные факторы усиливают (уменьшают при необходимости) действие природных факторов [8, 9].

Каждый сорт винограда обладает специфическими, присущими ему биологическими свойствами. Для наиболее полной реализации продукционного потенциала виноград должен возделываться с учетом биологических особенностей генотипов по своей индивидуальной зонально-, сорториентированной технологии [5, 11]. В условиях нарастающей антропогенной интенсификации производства и реализации поставленных задач высокую актуальность приобретают биологические технологии.

Биологические технологии в виноградарстве – это манипуляции живыми организмами и их органами на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, использование продуктов их жизнедеятельности для достижения целей по обеспечению эффективности процессов онтогенеза, улучшения среды обитания и производства продукции.

Исследованиями установлено существенное варьирование продуктивности винограда в зависимости от манипуляции с вегетативными и генеративными органами растений, нагрузки кустов побегами и гроздьями. При оптимизации конструкции кустов, обрезки лоз и нагрузки кустов побегами повышается урожайность и улучшается качество винограда. Недогрузка кустов сопровождается плохим оплодотворением, осыпанием цветков и завязей, недостаточным сахаронакоплением, уменьшением урожайности и слабым вызревaniem побегов. Перегрузка кустов ведет к сдерживанию роста побегов, снижению массы гроздей, урожайности и сахаронакоплению, ухудшению вызревания побегов [1-4, 10, 12, 14-17]. Таким образом, множество научных исследований подтверждают необходимость возделывания сортов винограда с учетом их биологической специфики по индивидуальным технологиям. У каждого сорта должна быть своя зонально-, сорториентированная агротехнология. Такой подход позволяет существенно повысить продуктивность и качество винограда, конкурентоспособность отечественного виноградарства без дополнительных капиталовложений.

Цель исследования – установить закономерности продукционной изменчивости столового винограда сорта Ливия при манипуляции с вегетативными и генеративными органами и оптимизации параметров структурных элементов куста, разработать биологический метод управления его урожайностью.

Объект исследований. Объектом исследования является сорт винограда Ливия на подвое Берландиери × Рипария SO4, предмет исследования – закономерности изменения продуктивности винограда в зависимости от разной нагрузки кустов побегами и гроздьями.

Материалы и методы. Исследования выполнены в Центральной агроэкологической зоне виноградарства (четвертая подзона) Краснодарского края, на виноградниках с капельным орошением. Схема посадки кустов винограда 3,8×2,0 м, форма кустов – высокоштамбовый двуплечий кордон.

Экспериментальный полевой опыт заложен по полной двух факторной схеме 3×3. Фактор 1 – нагрузка кустов побегами в трех градациях: максимальная, средняя и минимальная; фактор 2 – нагрузка кустов гроздьями в трех градациях: максимальная, средняя и минимальная.

Агробιологические показатели и урожайность ягод винограда определяли с использованием современных методик [6].

Результаты и обсуждение. Исследования выполнены в типичных экологических условиях умеренно континентального климата юга России. Среднегодовая температура воздуха составляет 12,5 – 13,0 °С, сумма активных температур 3900-4100 °С, максимальная – во время вегетации достигает плюс 40 °С, минимальная – зимой опускается до минус 30 °С. За год выпадает 700-800 мм атмосферных осадков. Почвы малогумусные, выщелоченные мощные черноземы [7].

Для столовых сортов важным показателем является морфометрическая привлекательность грозди, её размер, масса. В агроэкологических условиях умеренно континентального климата биотехнологические манипуляции с вегетативными и генеративными органами растений винограда в виде разной нагрузки кустов побегами и гроздьями сопровождаются изменением биометрических показателей гроздей. Масса гроздей в условиях полевого эксперимента варьировала в широком диапазоне в зависимости от реакции растений на нагрузку кустов побегами и гроздьями. При уменьшении нагрузки кустов побегами с 31 до 24 и 18 шт./куст средняя масса грозди в целом имела тенденцию к уменьшению с 0,506 до 0,454 и 0,448 кг. Эта тенденция усиливалась при изменении количества гроздей на кустах. При наибольшей нагрузке кустов побегами, 31 шт./куст и максимальном количестве гроздей 34 шт./куст средняя масса грозди была равна 0,474 кг. При уменьшении количества побегов до 24 шт./куст на кустах с максимальной нагрузкой гроздьями средняя масса грозди уменьшалась до 0,450 кг. При дальнейшем уменьшении количества побегов до 18 шт./куст на кустах с максимальной нагрузкой гроздьями средняя масса грозди уменьшилась до 0,428 кг. При уменьшении нагрузки побегами с максимальной до средней и минимальной на кустах со средним количеством гроздей их масса уменьшалась с 0,497 до 0,469 и 0,449 кг, с наименьшим количеством гроздей масса грозди вначале уменьшалась с 0,546 до 0,445 кг, затем увеличивалась с 0,445 до 0,466 кг.

Манипуляции с изменением нагрузки кустов гроздьями также оказывали влияние на изменение средней массы грозди. В варианте с наибольшим количеством побегов 31 шт./куст и максимальной нагрузкой кустов гроздьями средняя масса грозди была равна 0,474 кг. При уменьшении количества гроздей с максимального до среднего и минимального уровня масса грозди имела тенденцию к увеличению с 0,474 до 0,497 и 0,546 кг соответственно. На фоне средней нагрузки кустов побегами средняя масса грозди сначала увеличивалась с 0,450 до 0,469 кг, а затем уменьшалась до 0,445 кг. На фоне наименьшей нагрузки кустов побегами средняя масса грозди при увеличении их количества имела тенденцию к повышению с 0,428 до 0,449 и 466 кг (табл. 1).

Таблица 1 – Агробιοлогические показатели столового винограда сорта Ливия при разной нагрузке кустов побегами и гроздьями, Краснодарский край, 2020-2021 гг.

Table 1 – Agrobiological indicators of table grape variety Livia at different bush loads with shoots and bunches, Krasnodar region, 2020-2021

№№ вариантов	Варианты		Средняя масса грозди, кг	Урожай винограда, кг/куст		
	Количество побегов, шт./куст	Количество гроздей, шт./куст		всего	товарный	нетоварный
1	31	34	0,474	15,31	14,76	1,04
2		26	0,497	12,74	12,66	0,38
3		20	0,546	10,95	9,88	1,42
Среднее			0,506	13,00	12,43	0,94
4	24	34	0,450	14,37	12,77	2,39
5		29	0,469	13,00	12,31	1,26
6		18	0,445	7,87	7,54	0,90
Среднее			0,454	11,75	10,87	1,52
7	18	31	0,428	13,39	12,06	1,82
8		27	0,449	11,52	10,14	2,14
9		18	0,466	7,80	7,44	0,72
Среднее			0,448	10,91	9,88	1,56
НСР ₀₅			0.12	0.68	0.68	0.33

Таким образом, при уменьшении нагрузки кустов побегами и гроздьями наблюдается тенденция изменения средней массы грозди винограда. Уменьшение нагрузки кустов побегами при максимальной и средней нагрузке гроздьями сопровождается уменьшением

средней массы грозди, при минимальной нагрузке – сначала уменьшением, затем увеличением. На фоне наибольшей и наименьшей нагрузки кустов побегами и уменьшении нагрузки кустов гроздьями от максимальной до средней и минимальной наблюдается тенденция увеличения средней массы грозди, на фоне средней нагрузки кустов побегами и уменьшении нагрузки гроздьями от максимальной до средней происходит увеличение средней массы грозди, затем при уменьшении количества гроздей от среднего до минимального уровня масса грозди уменьшается. Наибольшая масса грозди сформировалась при наибольшей нагрузке кустов побегами (31 шт./куст) и наименьшем количестве гроздей (20 шт./куст) и была равна 0,546 кг. Отмеченные закономерности согласуются с результатами других исследователей на других генотипах винограда.

Манипуляция с нагрузкой кустов побегами и гроздьями также оказывает влияние на урожай винограда с куста.

При наибольшей нагрузке кустов побегами и максимальной нагрузке гроздьями урожай винограда был равен 15,31 кг/куст. При уменьшении нагрузки кустов побегами от максимальной до средней и минимальной на кустах с максимальной нагрузкой гроздьями урожай винограда уменьшался с 15,31 до 14,37 и 13,39 кг/куст соответственно.

При наибольшей нагрузке кустов побегами и средней нагрузке гроздьями урожай винограда был равен 12,74 кг/куст. Уменьшение побегов с максимального до среднего, а затем до минимального количества при средней нагрузке кустов гроздьями урожай винограда вначале увеличился до 13,00 кг/куст, затем уменьшился до 11,52 кг/куст.

При наибольшей нагрузке кустов побегами и минимальной нагрузке гроздьями урожай винограда был равен 10,95 кг/куст. Уменьшение количества побегов до среднего, а затем до минимального уровня при наименьшей нагрузке кустов гроздьями урожай винограда уменьшался до 7,87 и 7,80 кг/куст соответственно.

Наблюдалась тенденция изменения урожая винограда в зависимости от нагрузки кустов гроздьями. При уменьшении количества гроздей с наибольшего до среднего и наименьшего уровня на фоне наибольшего количества побегов урожай винограда уменьшался на 2,57 и 1,79 кг/куст, средней нагрузке побегами на 1,37 и 5,13 кг/куст, наименьшей нагрузке побегами на 1,87 и 3,72 кг/куст (см. табл. 1).

При манипуляции с вегетативными и генеративными органами растений наблюдается изменение показателей урожайности винограда. При наибольшей нагрузке кустов побегами и максимальной нагрузке гроздьями урожайность винограда была равна 20,80 т/га. При уменьшении количества побегов с максимального до среднего и минимального уровня в варианте с максимальной нагрузкой кустов гроздьями урожайность уменьшилась с 20,80 до 19,95 и 18,28 т/га. При наибольшей нагрузке кустов побегами и средней нагрузке гроздьями урожайность была равна 17,14 т/га. При уменьшении количества побегов с наибольшего до среднего уровня в варианте со средней нагрузкой гроздьями урожайность винограда увеличилась до 17,86 т/га. При дальнейшем уменьшении количества побегов до минимального уровня и средней нагрузке гроздьями наблюдалось уменьшение урожайности до 16,16 т/га. При наибольшей нагрузке кустов побегами и наименьшей нагрузке гроздьями урожайность винограда была равна 14,87 т/га. Уменьшение количества побегов с максимального до среднего и минимального уровня в варианте с минимальной нагрузкой кустов гроздьями сопровождалось уменьшением урожайности с 14,87 до 11,10 и 10,74 т/га.

Наблюдалась устойчивая тенденция уменьшения урожайности винограда при уменьшении нагрузки кустов гроздьями. При уменьшении количества гроздей с максимального до среднего и минимального уровня урожайность винограда на фоне наибольшего количества побегов 30 шт./куст уменьшалась с 20,80 до 17,14 и 14,87 т/га,

при средней нагрузке побегами уменьшалась с 19,95 до 17,86 и 11,10 т/га, при наименьшей нагрузке побегами уменьшалась с 18,28 до 16,16 и 10,74 т/га. Наибольшая урожайность винограда была при наибольшей нагрузке кустов побегами и гроздьями – 20,80 т/га.

Наибольшая доля товарного урожая, 97-93 %, была в вариантах с наибольшей нагрузкой кустов побегами, средней и наибольшей нагрузкой гроздьями (табл. 2).

Корреляционная зависимость урожайности ягод винограда от количества побегов на кустах была слабой, $r = 0,27$, от количества гроздей – средней, $r = 0,58$, от массы грозди – сильной, $r = 0,79$ (рис. 1-3).

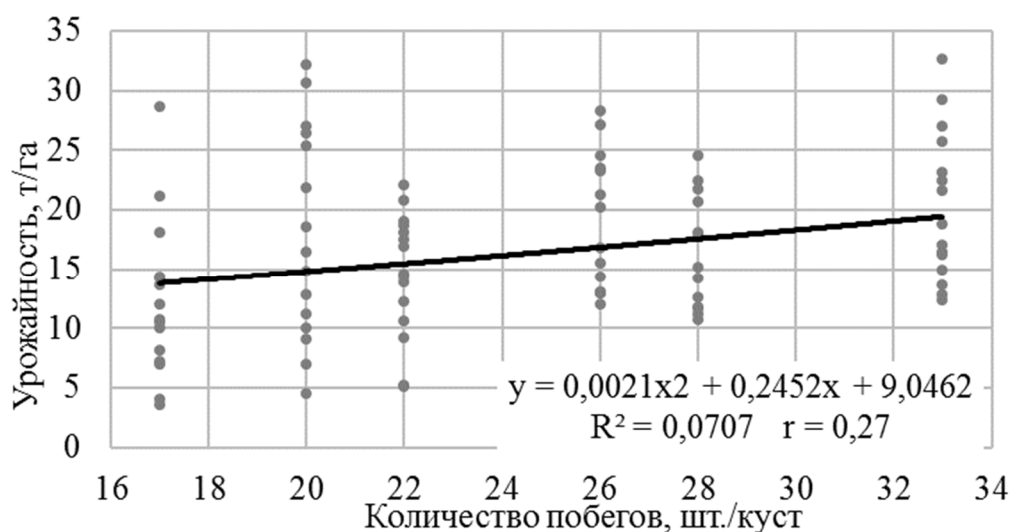


Рисунок 1 – Зависимость урожайности столового винограда Ливия от количества побегов на кустах, Краснодарский край

Figure 1 – Dependence of the yield capacity of table grape variety Livia on the number of shoots on bushes, Krasnodar region

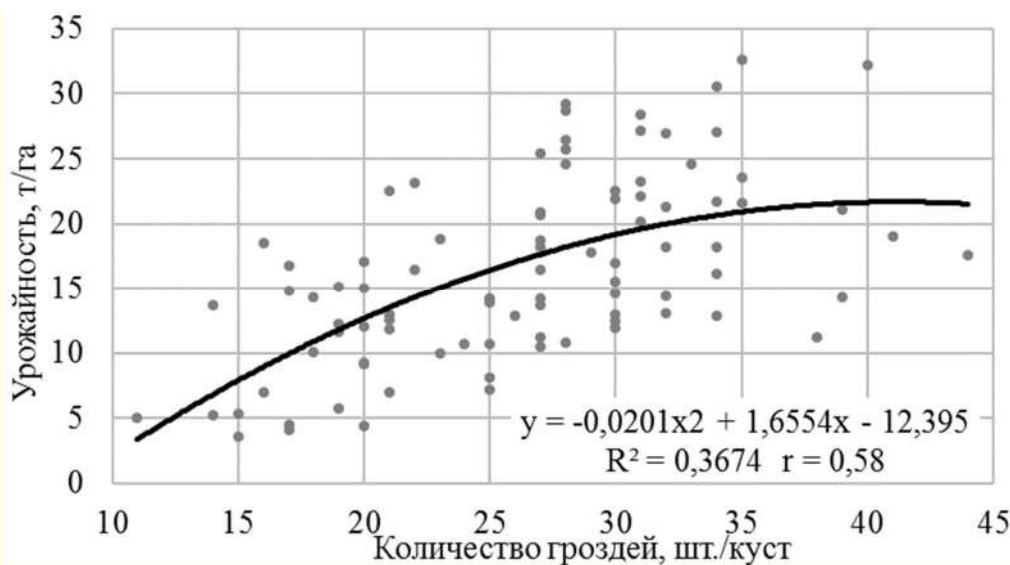


Рисунок 2 – Зависимость урожайности столового винограда Ливия от количества гроздей на кустах, Краснодарский край

Figure 2 – Dependence of the yield capacity of table grape variety Livia on the number of bunches on bushes, Krasnodar region

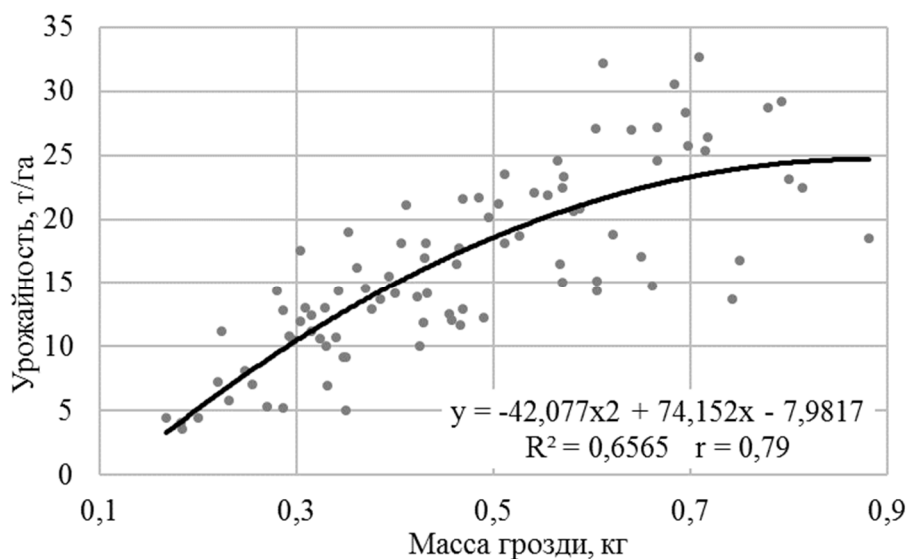


Рисунок 3 – Зависимость урожайности столового винограда Ливия от средней массы грозди, Краснодарский край

Figure 3 – Dependence of the yield capacity of table grape variety Livia on the average mass of the bunch, Krasnodar region

Таблица 2 – Продуктивность столового винограда сорта Ливия на подвое SO4 при разной нагрузке кустов побегами и гроздьями, Краснодарский край, 2020-2021 гг.

Table 2 – Productivity of table grape variety Livia on the SO4 rootstock at different bush loads with shoots and bunches, Krasnodar region, 2020-2021

№№ вари- антов	Варианты		Коэффициент плодоношения К1	Урожайность винограда, т/га	
	Количество по- бегов, шт./куст	Количество гроз- дей, шт./куст		всего	товарного
1	31	34	1,11	20,80	19,43
2		26	0,85	17,14	16,65
3		20	0,67	14,87	13,01
Среднее			0,88	17,60	16,36
4	24	34	1,46	19,95	16,80
5		29	1,21	17,86	16,19
6		18	0,78	11,10	9,92
Среднее			1,15	16,30	14,31
7	18	31	1,67	18,28	15,87
8		27	1,48	16,16	13,34
9		18	0,96	10,74	9,79
Среднее			1,37	15,06	13,00
НСР ₀₅			0,18	0,77	0,78

Полученные новые знания позволяют оптимизировать зонально-, сортоориентированную технологию возделывания винограда сорта Ливия на подвое Берландиери × Рипариа SO4. В основе технологии лежит оптимальная нагрузка кустов побегами и гроздьями. Для получения высокого урожая винограда рекомендуется нагрузка кустов побегами 31 шт./куст и гроздьями 34 шт./куст.

Выводы. Столовый виноград сорта Ливия обладает высокой продукционной отзывчивостью на оптимизацию структурных элементов куста. При манипуляции с вегетативными и генеративными органами растений наблюдается изменение массы грозди

и урожая винограда в зависимости от нагрузки кустов побегами и гроздьями. В центральной агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края масса грозди имеет тенденцию к увеличению при увеличении нагрузки кустов побегами и уменьшении гроздьями. Наибольшая масса грозди формируется при нагрузке кустов побегами 31 шт./куст и гроздьями 20 шт./куст и составляет 0,546 кг. Урожайность ягод винограда, в том числе товарная, имеет тенденцию к увеличению при увеличении нагрузки кустов побегами и гроздьями. Наибольшая урожайность была 20,8 т/га при нагрузке кустов побегами 31 шт./куст и гроздьями 34 шт./куст. Корреляционная зависимость урожайности ягод винограда от количества побегов на кустах была слабой, $r = 0,27$, от количества гроздей – средней, $r = 0,58$, от массы грозди – сильной, $r = 0,79$. Доля товарного винограда при таком возделывании насаждений высокая, в среднем 89 %. Наибольшая доля товарного винограда была 97 % от максимальной урожайности при наибольшей нагрузке кустов побегами 31 шт./куст и средней нагрузке кустов гроздьями 26 шт./куст и составляла 16,65 т/га. Для получения высокого урожая винограда сорта Ливия на подвое Берландиери × Рипария SO4 в промышленном производстве рекомендуется нагрузка кустов побегами 31 шт./куст и гроздьями 34 шт./куст.

Библиографический список

1. Гусейнов Ш. Н., Майбородин С. В., Манацков А. Г. Влияние нормы нагрузки кустов побегами на продуктивность виноградника // Русский виноград. 2019. Т. 10. С. 89-94.
2. Гусейнов Ш. Н. Способы ведения, формирования и обрезки неукрывных виноградников в условиях юга России // Магарах. Виноградарство и виноделие. 2018. Т. 20. № 3 (105). С. 12-14.
3. Гусейнов Ш. Н., Сердюкова В. В., Погорелкина Н. В. Влияние способа обрезки лоз и нормы нагрузки кустов на продуктивность высокоштамбовых виноградников // Русский виноград. 2015. Т. 1. С. 153-161.
4. Матюзок Н. В., Трошин Л. П., Горлов С. М. Прогнозирование урожая винограда и установление оптимальной нагрузки кустов при обрезке в глазках по планируемой урожайности на примере ОАО АФ «Южная» // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 116. С. 355-372.
5. Особенности физиологической адаптации фотосинтеза новых гибридных форм столового винограда в летний период / В. С. Петров [и др.] // Магарах. Виноградарство и виноделие. 2021. Т. 23. № 1. С. 15-20.
6. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Марморштейн А. А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2021. 146 с.
7. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Марморштейн А. А. Агроэкологическое зонирование территории для оптимизации размещения сортов, устойчивого виноградарства и качественного виноделия: монография. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2020. 138 с.
8. Якуба Ю. Ф. Технологические мероприятия по защите теплолюбивых плодовых культур в условиях зимних стрессов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. № 22 (4). С. 127-134.
9. Alimentation en eau et comportement du Pinot noir: bilan d'un essai dans le vignoble de Chamoson (VS) / J.-L. Spring, V. Zufferey, T. Verdenal, O. Viret // Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic. 2010. Vol. 42. № 4. P. 258-266.
10. Boos M., Jorger V. Johanner und Cabernet Carol – Erziehungssysteme // Bad. Winzer. 2006. № 9. P. 18-20.
11. Influence of the learning system on the volatile and sensory profiles of Primitive grapes and wines / M. Fragasso, D. Antonacci, S. Pati, M. Tufariello, A. Baiano, L. R. Forleo, A. R. Caputo, E. L. Notte // American Journal of Oenology and Viticulture. 2012. No 63 (4). P. 477-486.
12. Kliewer W. M., Dokoozlian N. K. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality // American Journal of Enology and Viticulture. 2005. Vol. 56. Issue 2. P. 170-181.

13. Kubota N., Tsuchiya M. Effects of irradiation with ultraiolet – a lamp on coloration of grape berries during maturation // Scient. rep. Fac. Agr. Okayama Univ. 2002. Vol. 91. P. 55-60.
14. Kurtural S. K., Dami I. E., Taylor B. H. Effects of pruning and cluster thinning on yield and fruit composition of 'chambourcin' grapevines // HortTechnology. 2006. Vol. 16. Issue 2. P. 233-240.
15. Pruning effects on Pinot Noir vines in Tasmania (Australia) / J. E. Heazlewood, S. Wilson, R. J. Clark, A. J. Gracie // Vitis. 2006. Vol. 45. № 4. P. 165-171.
16. Rasulov A. T. Growing of high-qualitative table grapes for storage and transportation // Annals of Agrarian Science. 2017. Vol. 15. Issue 4. P. 439-442.
17. Terry D. B., Kurtural S. K. Achieving vine balance of syrah with mechanical canopy management and regulated deficit irrigation // American Journal of Enology and Viticulture. 2011. Vol. 62. Issue 4. P. 426-437.

Информация об авторах

Петров Валерий Семенович, ведущий научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (РФ, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8(961)500-47-36, e-mail: Petrov_53@mail.ru

Фисюра Андрей Викторович, член фермерского хозяйства «Т.Б. Фисюра», Динской район, Краснодарский край, РФ, e-mail: fisuraandrew@mail.ru

Марморштейн Анна Александровна, младший научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (РФ, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), аспирант, e-mail: am342@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-08

ABOUT THE POSSIBILITY OF USE OF «LUPINUS» IN FOOD PRODUCTION

E. S. Timoshenko, V. I. Rutskaya, G. L. Yagovenko

All-Russian Research Institute of Lupin –

the branch of the Federal State Budget Scientific Institution

«All-Russian Research Institute of Feeds named after V.I. V.R. Williams», Bryansk

Received 05.04.2022

Submitted 06.05.2022

Abstract

Introduction. Lupin is a perspective source of biological valuable plant protein which could become an alternative to soya. Plant protein and lupin protein particularly meets the requirements of the current moment – the country needs cheap, qualitative products made on the base of domestic raw material. The nutritive value of lupin is determined by the balanced content of protein (34-46%), oil (3-10%), food fiber (10.6-18.2%) and carbohydrates (15-22%). The use of lupin and its processed products in food industry of Russia is impossible because of the lack of the package of regulatory documents for lupin acceptance suitable for food aims particularly. **Object.** The test object is the package of regulatory documents which is necessary to develop the GOST R «Food lupin»; the last experimental data of domestic and foreign scientists for the use of lupin and its processed products in food industry. **Materials and methods.** The development, approval and registration of technical documentation and inclusion of lupin into the Technical Regulations of the Customs Union of the EAEU (TR CU) as a crop approved for use in foods production of the Russian Federation. **Results and conclusion.** One of the regulated documents which allow use the domestic lupin in foods industry are the Specifications. The specifications «Food lupin» have been developed 2021 in the All-Russian Research Institute of Lupin; later the Specs have been agreed with the CSM and registered with giving an unique number. The approved Specifications will become a base for the development of the GOST R «Food lupin». At present the work for preparation of regulatory documents is carried out which will specify lupin as a food product.

Key words: «Lupines», protein, alkaloids, food industry, Technical Regulations, Customs Union, Specifications, GOST R

Citation. Timoshenko E.S., Rutsкая V.I., Yagovenko G.L. About the possibility of use of «Lupines» in food production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 71-81 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-08.

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

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

УДК 633.367:644

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮПИНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Е. С. Тимошенко, кандидат сельскохозяйственных наук

В. И. Руцкая, кандидат биологических наук

Г. Л. Яговенко, доктор сельскохозяйственных наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ
«ВИК им. В. Р. Вильямса», п. Мичуринский, Брянская область*

Дата поступления в редакцию 05.04.2022

Дата принятия к печати 06.05.2022

Актуальность. Люпин является перспективным источником биологически ценного растительного белка, способного стать альтернативой сое. Растительный белок и белок люпина в частности, отвечает требованиям современной ситуации – стране необходимы дешевые, качественные продукты из сырья местного производства. Пищевая ценность люпина определяется сбалансированным содержанием белка (34-46 %), жира (8-10 %), пищевых волокон (10,6-18,2 %) и углеводов (15-22 %) [8]. Применение люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности России невозможно из-за отсутствия пакета нормативно-правовой документации на признание люпина в части, касающейся пищевых целей. **Объект.** Объектом исследований является нормативная документация, необходимая для разработки ГОСТ Р «Люпин пищевой»; научно-исследовательские данные последних лет отечественных и зарубежных ученых по использованию люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности. **Материалы и методы.** Разработка, утверждение и регистрация технической документации и включение люпина в Технический регламент Таможенного союза ЕАЭС (ТР ТС) как культуры, разрешенной к применению в пищевой промышленности РФ. **Результаты и выводы.** Одним из нормативных документов, дающих возможность использования отечественного люпина в производстве продуктов питания, являются технические условия. В 2021 году во ВНИИ люпина были разработаны ТУ «Люпин пищевой», которые впоследствии были согласованы с ЦСМ и зарегистрированы с присвоением уникального номера. Утвержденные технические условия станут основой для разработки ГОСТ Р «Люпин пищевой». В настоящее время ведется работа по подготовке нормативно-правовой документации, определяющей люпин как пищевой продукт.

Ключевые слова: люпин, алкалоиды, пищевая промышленность, Технический регламент, Таможенный союз, Технические условия, ГОСТ Р.

Цитирование. Тимошенко Е. С., Руцкая В. И., Яговенко Г. Л. К вопросу использования люпина в производстве продуктов питания. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 71-81. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-08.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Поиск новых растительных источников пищевого белка и разработка технологии получения белковых добавок для обогащения продуктов питания является одной из актуальных задач улучшения структуры питания населения и повышения биологической ценности производимых продуктов. Возрастающая потребность в пищевом белке и ужесточение требований к генетически модифицированным продуктам стимулируют интерес к новым источникам пищевого растительного белка. Химический состав является основой определения качества пищевой ценности и потребительских достоинств любой продукции. Кроме того, в настоящее время стратегическое значение приобретает решение вопроса импортозамещения.

Люпин является наиболее перспективным источником растительного, биологически ценного белка, который позволит частично или полностью заменить дорогостоящие белковые компоненты, получаемые из сои. Так, среднее содержание белка в зерне люпина составляет 32 %, а в отдельные годы доходит до 46 %, что в 3 раза больше, чем в зерне злаковых культур и в 1,5 раза больше, чем у гороха и вики. Кроме того, белок люпина, в отличие от сои, содержит минимальное количество липидов и ингибиторов пищеварительных ферментов, в частности трипсина, что способствует его высокой переваримости.

Зерно белого люпина выделяется и по содержанию жира, в отдельных сортах его количество достигает 8-10 % [1, 8]. Люпин занимает лидирующее положение среди бобовых культур по содержанию самых ценных аминокислот – лизина, цистина, метионина, триптофана и др. Следует отметить, что содержащиеся в зерне люпина аминокислоты – лизин, треонин, особенно необходимы молодому организму, лейцин играет важную роль в лечении заболеваний печени, анемии и др. [3, 11].

Люпин выделяется по содержанию минеральных веществ, ненасыщенных жирных кислот, водо- и жирорастворимых биологически активных веществ. Минеральный состав семян узколистного люпина представлен 16, белого люпина – 14 элементами. В составе макроэлементов преобладают калий, фосфор и кальций, в составе микроэлементов – марганец, железо, цинк и медь. В зерне люпина не обнаружены токсичные элементы (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), количество которых ограничивается и в других зернобобовых культурах, предназначенных для употребления в пищу [2].

Все вышеперечисленные пищевые преимущества зерна люпина, а также наличие специфического орехового вкуса, приятного цвета люпиновой муки и отсутствие запаха дает возможность использовать зерно пищевых сортов белого и узколистного видов люпина и продуктов его переработки как компоненты и источники белка в производстве продуктов питания.

Наиболее перспективным продуктом переработки люпина в функциональном питании является люпиновая мука. Полученные с ее включением безглютеновые продукты содержат полноценный, легкоусвояемый белок, пищевые волокна, комплекс ненасыщенных жирных кислот, микро- и макроэлементы, каротин, обладающие высокой биологической и пищевой ценностью и способствующие снижению содержания глюкозы в крови при диабете.

Основным антипитательным фактором люпина являются хинолизидиновые алкалоиды. Для получения безалкалоидного люпинового сырья на протяжении последних десятилетий селекционеры выводят безалкалоидные, «сладкие» сорта разных видов люпина [8]. Альтернативным селекционному пути получения безалкалоидного люпинового сырья является развитие технологий переработки люпина, позволяющие снизить содержание в нем алкалоидов.

В последнее время в РФ проводятся многочисленные научные исследования, направленные на поиск малоалкалоидного люпинового сырья, изучение его химического состава и разработку способов и технологий производства белковых люпиновых концентратов для использования их в продуктах питания [7, 9].

За рубежом люпину уделяют большое внимание как добавку в пищевые продукты с высоким содержанием белка. В ряде стран использование его в производстве продуктов питания достигает промышленных масштабов. В европейских странах пищевые ингредиенты из зерна люпина (мука, белковые изоляты, концентраты) используются в хлебобулочных, колбасных, молочных, кондитерских и безглютеновых продуктах, но перспективы их использования гораздо шире [12]. Многие страны мира, такие как Австралия (сосредоточено 80% мирового производства люпина), США, Франция, Германия, Италия, Испания, Бразилия, Чили, Эквадор, Перу и др., с давних времен используют люпин в пищу и считают люпиновую муку перспективным сырьем для создания пищевых продуктов и свидетельствуют о ее высоких технологических свойствах [3, 10].

В ряде стран зарекомендовали себя производители пищевых продуктов, содержащих люпин, такие как:

- Австралия – И. Велли Pty Ltd. (LUMILL Creamex®); Мирфак, Виктория; Специальные ингредиенты, Фремонтл 3А; Хлебопекарня «Bodhi's»;
- Великобритания – Керри Ингредиенты;
- Голландия – Л. И. Франк;
- Франция – Terrena Люп'ингредиенты;
- Германия – Висбек, GmbH, Visbek; CFM Мультикост Продукты питания GmbH; Шнитцер Schnitzer GmbH & Co KG, Оффенбург; Glutano;
- Чили – Авелуп, Темуко;
- США – «Вояджер Трейдинг Компани»;
- Испания – Hermabar, Saladitos;
- Швейцария – Nochore «Lupidor»;
- Италия – GasID.

В РФ использование люпина в пищевом направлении носит поисковый научный характер. Изучается возможность использования люпина и продуктов его переработки в изготовлении хлебобулочных изделий, вермишели, печенья, бисквитов, люпиновых эмульсий, кондитерских изделий, кисломолочной продукции и др.

Материалы и методы. Для изучения роли люпина как белкового компонента в продуктах питания был проанализирован ассортимент продуктов питания других стран, в состав которых входили люпин и продукты его переработки. Обобщены исследовательские данные ученых РФ по использованию люпина и продуктов его переработки в пищевой промышленности. Был сделан анализ возможности использования люпина в пищевой промышленности на основе изучения отечественных и зарубежных достижений, изучен опыт использования люпина и продуктов его переработки в производстве продуктов питания за рубежом.

Изучали требования для разработки, утверждения и регистрации нормативной документации, позволяющей использовать люпин в пищевой промышленности.

Для разработки ТУ «Люпин пищевой» использовали исследовательские данные ВНИИ люпина по биохимическому составу зерна белого и узколистного видов люпина. Проект ТУ «Люпин продовольственный» был написан в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51740-2016 «Технические условия на пищевую продукцию», 2018 года.

Для регистрации утвержденных ТУ «Люпин пищевой» был направлен пакет документов в сертификационный центр ФБУ «Брянский ЦСМ» - подведомственная организация Росстандарта, которая осуществляет учетную регистрацию каталожных листов продукции, формирует региональный банк данных, поддерживает его в актуальном состоянии. Данные регионального банка передаются в федеральный банк данных «Продукция России», который ведет ФГУП «Стандартинформ» Росстандарта.

Процедура регистрации заключается в присвоении ТУ уникального номера и внесении информации о новом документе в единый государственный реестр технических условий, за ведение которого ответственен Росстандарт. Зарегистрированный таким образом документ становится доступным для ознакомления и изучения заинтересованными в данной информации лицами.

ТУ «Люпин пищевой» были утверждены и зарегистрированы как действующий нормативно-технический документ.

Были изучены требования и необходимый перечень документов для оформления нормативно-правовой документации, определяющей люпин как пищевой продукт и разрешающей к его применению в производстве продуктов питания, в том числе национального стандарта на люпин пищевой (ГОСТ Р). Было сделано обращение ВНИИ люпина в Технический комитет 002 «Зерно, продукты его переработки и маслосемена», который создан при ФГБНУ «ВНИИЗ», с просьбой рассмотреть вопрос о включении в план национальной стандартизации разработку национального стандарта на люпин пищевой. Разработка и утверждение национального стандарта на люпин пищевой займет 2 года. Этот нормативно-технический документ будет способствовать возможности использования выращенного в России люпина как высокобелковый ингредиент в продуктах питания.

Результаты и обсуждение. По вопросу использования люпина и продуктов его переработки на пищевые цели получен ряд патентов и разработаны рецептуры оригинальных видов продуктов питания с использованием люпина. Анализ литературных данных по вопросу использования люпина в продуктах питания, а также отчеты о НИР ВНИИ люпина по приготовлению экспериментальных образцов лапши домашней, котлет, печенья, конфет, творога с использованием люпина и экспертная их оценка по органолептическим показателям свидетельствуют о безвредности приготовленной продукции.

Качество зерна и продуктов переработки зернобобовых культур обеспечивается не только экономическими факторами, позволяющими организовать рентабельное производство, конкуренцией, спросом, наличием технического и испытательного оборудования, но и фондом нормативной и технической документации, позволяющей разработать и поддержать выпуск качественной продукции. Стандартизация конкретизирует положение технических регламентов и дает возможность их применения [6]. Отсутствие в настоящее время в РФ пакета нормативно-правовой документации, определяющей люпин как пищевой продукт и разрешающей его применение в производстве продуктов питания, не дает возможность использовать люпин, выращенный в России, и продукты его переработки в пищевой промышленности. Поэтому российские производители, оценившие высокую роль люпина в продуктах питания и использующие его в производстве хлебобулочных и других изделий, вынуждены покупать люпиновую муку (пищевую) за границей по цене 220-300 рублей за килограмм.

Так, предприятие ООО «Здоровый Хлеб» (г. Санкт-Петербург) в производстве натурального «Белково-полбяного» хлеба для функционального, лечебно-профилактического и специального назначения использует люпиновую муку, завезенную из Австрии (Soja Austria) (рисунок 1), так как нет возможности использовать отечественную продукцию. За счет внесения 15 % люпиновой муки происходит прирост лимитирующих в полбяной муке аминокислот – лизина, треонина и триптофана [5].

ИП в сфере общественного питания Харченко О. С. с 2016 года ведет канал на видеохостинге «YouTube» с видео-рецептами о здоровом (диетическом) питании и рекламирует продукцию с включением люпина. В ходе разработки различных рецептов выяснилось, что мука из бобов люпина не только повышает количество белка в изделиях, но и в сочетании с другими видами муки обладает положительными органолептическими по-

казателями (красивый желтоватый цвет изделий; отсутствие специфического послевку-
сия, как с соевой мукой; приятный запах). На предприятии представлен ассортимент диетических хлебобулочных и кондитерских изделий для отдельных групп населения (рисун-
ок 2). Целью работы кондитеров является изменить соотношение состава нутриентов
(повысить содержание белка и клетчатки, снизить количество быстрых углеводов). Такие
хлебобулочные изделия подойдут людям, страдающим сахарным диабетом, избыточной
массой тела, дефицитом белка в питании, спортсменам и бодибилдерам. Производятся
хлебобулочные изделия, включающие 3 вида муки: люпиновая - 40%, из овсяных отру-
бей - 40 % и клейковина пшеничная - 20% от общей массы муки.



Рисунок 1: а – Импортное люпиносодержащее сырье; б – «Белково-полбяной» хлеб,
производитель ООО «Здоровый хлеб»

Figure 1: a – Imported lupin based row material; b – “Protein-and-spelt” bread,
the producer “Health bread” Ltd



Рисунок 2 – Хлебобулочное изделие с добавлением люпиновой муки

Figure 2 – Bakery product with lupin flour

ИП Ботвинко Т. Н. (г. Реутов, Московская область) с 2018 года выпускает кондитерские изделия с применением люпиновой муки под названием «Торт В кармане» (рисунок 3). На производстве используются только натуральные ингредиенты из растений без ГМО, разрабатываются уникальные рецептуры.



Рисунок 3 – Кондитерские изделия «Торт В кармане» с применением люпиновой муки

Figure 3 – Confectionery “Tort V karmane” with lupin flour

В России в Липецкой области в настоящее время работает сельскохозяйственный перерабатывающий кооператив «Виола», который занимается переработкой белого люпина методом экструдирования по разработанной ими технологии, что позволяет получать продукцию – экструдат люпина высокого качества, пригодную для использования на пищевые цели. Продукцию комбината оценили российские производители. В РФ есть много предприятий, которые также хотели бы приобрести данную продукцию для использования в производстве пищевых продуктов, но по причине отсутствия разрешающих документов вынуждены использовать люпиновую муку, приобретенную за рубежом.

Площади выращивания люпина в Европе с каждым годом уменьшаются. Данный факт не гарантирует стабильные и достаточные поставки люпина для использования в пищевой промышленности [12]. Российские производители столкнулись со следующими проблемами: отсутствие отечественного поставщика пищевого люпина; высокая стоимость и перебои в поставках импортного пищевого люпина; отсутствие информации о безопасности импортного сырья. Ряд производителей обратились в ВНИИ люпина с инициативой законодательного урегулирования вопроса по использованию люпина российского производства в пищевых целях.

В связи с этим разработка, утверждение и регистрация технической документации и включение люпина в Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС) в число разрешенных к применению в пищевой промышленности РФ приобретает стратегическое значение на пути к использованию отечественного люпина в производстве пищевых продуктов. Их отсутствие сдерживает эффективное и рациональное использование отечественного люпина в выбранном направлении. Несмотря на агротехнические возможности выращивания и возделывания люпина, производители пищевой продукции в Российской Федерации вынуждены завозить дорогое импортное люпиносодержащее сырье.

К продукции, подлежащей государственному санитарно-эпидемиологическому надзору, существуют требования, прописанные в «Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к продукции» (ЕСТ), и утвержденные Решением Комиссии таможенного союза, положения которых затем включаются в технические регламенты Евразийского экономического союза (ТР ТС).

В настоящее время установлены требования к зерну, выпускаемому в обращение на единой таможенной территории Таможенного союза, используемого для пищевых и кормовых целей, и представлены в ЕСТ и в ТР ТС «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011), утвержденном в 2011 году решением Комиссии Таможенного союза.

В отношении зернобобовой культуры люпина в части, касающейся пищевых целей, не установлены такие нормативные показатели, как: «Предельно допустимые уровни токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов и зараженности вредителями в зерне» и «Предельно допустимые уровни содержания вредных примесей в зерне». До тех пор пока люпин не будет включен в СанПиН в индекс группы продуктов 1.4.2 Семена зернобобовых или в ТР ТС «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011), производители пищевой продукции в Российской Федерации не смогут использовать выращенный в России люпин как высокобелковый ингредиент в продуктах питания.

В связи с этим Всероссийский НИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», совместно с ВНИИЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова», где проводится гигиеническая экспертиза пищевой продукции, обратились в Департамент пищевой и перерабатывающей промышленности Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и в Федеральную службу по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) с просьбой рассмотреть вопрос о включении люпина в соответствующие нормативные документы в части, касающейся пищевых целей.

Для этого необходимо будет выполнить все процедуры по обязательной государственной регистрации люпина, как и всех других новых видов пищевой продукции. В настоящее время данные вопросы по включению люпина в перечень зернобобовых культур Приложения 2 ТР ТС 015/2011 с целью нормирования содержания токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов, загрязненности и зараженности зерна вредителями хлебных запасов (насекомые, клещи) находятся на рассмотрении в соответствующих инстанциях государственной власти.

В 2016 году вступил в силу Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации», который определил перечень документов по стандартизации. В нем описывается место технических условий (ТУ) в данном перечне. Технические условия являются одним из нормативных документов, позволяющих организовать выпуск новой продукции. Несмотря на отсутствие легитимных возможностей их использования для государственного регулирования качества продукции, этот документ востребован отечественной практикой. Поскольку ТУ, как правило, создаются в результате разработки новой продукции, требования к которой еще не регламентированы национальным стандартом, то они становятся, наряду со стандартами организации, носителями полного комплекса требований, в том числе безопасности, к конкретной продукции. В этом смысле специалисты рассматривают ТУ «как малый технический регламент». В отличие от национальных стандартов ТУ разрабатываются в более короткие сроки, что позволяет оперативно организовать выпуск новой продукции.

Наличие ТУ важно для производителя. Они не попадают под действие ГОСТа, но не могут противоречить ему. Документы являются стандартами организации и выполняют следующие функции:

- определяют главные этапы производства;
- являются эталоном, на который ссылается организация при подозрениях в несоответствии качеству;
- контролируют и выявляют отступления от единого и установленного результата работы;
- помогают в защите интересов предприятия в судебных органах.

Одним из нормативных документов, дающих возможность использования отечественного люпина в производстве продуктов питания, являются технические условия. В институте люпина в 2020 году был разработан вначале проект на ТУ «Люпин пищевой» в

соответствии как по форме, так и по содержанию требованиям ГОСТ Р 51740-2016 «Технические условия на пищевую продукцию», который действует с 1 января 2018 года. Затем с учетом рецензий двух организаций, признающих достоинства люпина и продуктов его переработки как компонента для пищевых продуктов, ТУ были доработаны и переданы на рассмотрение и утверждение в Брянский сертификационный центр.

Разработанные ТУ «Люпин пищевой» с учетом требований безопасности зерна, обозначенных в действующих ГОСТах и Технических регламентах, рекомендуют использовать в качестве сырья для перерабатывающей пищевой промышленности белый и узколистый виды люпина.

Для регистрации технических условий были пройдены следующие этапы:

1. Подача документов в сертификационный центр – ФБУ «Брянский ЦСМ» (заявление, ОГРН и ИНН заявителя, каталожные листы на продукцию, копия утвержденных технических условий).

2. Проведение анализа документа на предмет соответствия действующим законодательным и прочим нормативным актам.

3. Регистрация ТУ в Стандартинформе с занесением сведений в Единый государственный Реестр зарегистрированных ТУ.

4. Передача Заказчику готового пакета документов (Титульный и Каталожный лист ТУ (КЛП) с соответствующей отметкой-печатью регистрирующего органа, индивидуальный идентификационный номер ТУ).

Согласованные с ЦСМ и утвержденные ТУ «Люпин пищевой» были зарегистрированы 27.09.2021 г. с присвоением уникального номера 019/006243, что свидетельствует о соответствии требованиям безопасности, обозначенных в действующих ГОСТах и Технических регламентах.

Наличие «Технических условий» имеет существенное значение на пути к использованию отечественного люпина в производстве пищевых продуктов. Этот принятый и утвержденный документ впоследствии будет использован в качестве основы для разработки ГОСТ Р «Люпин пищевой». Разрабатываемый стандарт должен отвечать требованиям безопасности, установленным Техническими регламентами Таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011) и «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [4].

Для разработки национального стандарта в области зерновых, зернобобовых, масличных культур и продуктов их переработки на базе ФГБНУ «ВНИИЗ» создан и действует Технический комитет по стандартизации «Зерно, продукты его переработки и маслосемена» (ТК 002). Комитет утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (№531 от 14 марта 2017г.). В состав ТК 002 входят полномочные представители контролирующих и других заинтересованных ведомств, организаций и научно-исследовательских институтов смежных отраслей. В связи со сложившейся ситуацией ВНИИ люпина обратился в Технический комитет 002 «Зерно, продукты его переработки и маслосемена» с просьбой рассмотреть вопрос о включении в план национальной стандартизации разработку национального стандарта на люпин пищевой. Данный стандарт, опираясь на имеющиеся многолетние научные и практические исследования, должен содержать требования к ценному по качеству зерну белого и узколистого видов люпина, позволяющего экономно и рационально использовать зернобобовые ресурсы страны.

Разработка и утверждение национального стандарта (ГОСТ Р) займет 2 года. В соответствии с существующим порядком национальный стандарт должен пройти следующие основные этапы:

- разработка первой редакции стандарта, его рассылка (вместе с сопроводительными документами) членам ТК 002;
- сбор всех предложений, замечаний;
- разработка окончательной редакции стандарта с учетом поступивших замечаний и рассылка окончательной редакции стандарта членам ТК 002 для голосования;
- обработка результатов голосования;
- после согласования национальный стандарт ГОСТ Р «Люпин пищевой» может быть принят и утвержден.

Так как на данный момент люпин в РФ не включен в перечень зерно-бобовых культур Приложения 2 ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна», разрешенных к применению в пищевом направлении, а следовательно, отечественное люпиновое сырье не может использоваться в производстве продуктов питания, первостепенное значение приобретает установление нормативных показателей «Предельно допустимые уровни токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов и зараженности вредителями в зерне» и «Предельно допустимые уровни содержания вредных примесей в зерне» и включение люпина в части, касающейся пищевых целей, в технические регламенты Евразийского экономического союза (ТР ТС).

Важным моментом является разработка пакета нормативно-правовой документации, определяющей люпин как пищевой продукт и разрешающей его применение в производстве продуктов питания. Этот вопрос необходимо решать поэтапно. Для изучения роли люпина как белкового компонента в продуктах питания был проанализирован ассортимент продуктов питания других стран, в состав которых входили люпин и продукты его переработки. Обобщены исследовательские данные ученых РФ по использованию.

Выводы. Люпин является наиболее перспективным источником биологически ценного растительного белка, необходимого в производстве продуктов питания. По данным научных исследований люпин может использоваться в приготовлении хлебобулочных изделий, вермишели, печенья, бисквитов, люпиновых эмульсий, кондитерских изделий, кисломолочной продукции и др. Однако в РФ использование люпина в пищевом направлении носит поисковый научный характер, так как на данный момент люпин в нашей стране не включен в перечень зернобобовых культур Приложения 2 ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна», разрешенных к применению в пищевом направлении. Включение люпина в список культур, разрешенных для использования в пищевой промышленности, позволит решить проблему импортозамещения дорогой трансгенной сои. Ученые и производители продуктов питания заявляют о необходимости разработки и утверждения ГОСТ Р «Люпин пищевой», определяющего люпин как пищевой продукт и разрешающего его применение в производстве продуктов питания.

Библиографический список

1. Агафонова С. В., Рыков А. И., Мезенова О. Я. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности // Вестник Международной академии холода. 2019. С. 79-85.
2. Агафонова С. В., Рыков А. И. Химический состав семян растения *Lupinus Angustifolius* L. и *Lupinus Albus* L. Калининградской области // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 135-142.
3. Алкалоиды люпина узколистного как фактор, определяющий альтернативные пути использования и селекции культуры / М. А. Вишнякова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (6). С. 625-635.
4. Бундина О. И. О работе Технического комитета по стандартизации ТК 002 «Зерно, продукты его переработки и маслосемена» и подготовке специалистов на базе ФГБНУ «ВНИИЗ» // Хлебопродукты. 2017. № 10. С. 18-20.

5. Долгих В. В. Применение полбяной цельнозерновой муки в комбинации с мукой из люпина, льна и топинамбура для производства функциональных белково-полбяных хлебов // Хлебопродукты. 2020. № 8. С. 41-45.
6. Иванилова И. Г. Вопросы стандартизации и регулирования оборота зерна и продуктов его переработки // Контроль качества продукции. 2016. № 11. С. 5-7.
7. Использование люпиновой муки для производства функциональных продуктов / Е. Е. Курчаева [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 10. С. 63-64.
8. Люпин – селекция и адаптация в агроландшафты России / А. И. Артюхов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (59). С. 51-60.
9. Перспективы использования белков из семян люпина узколистного / В. Н. Красильников [и др.] // Пищевая промышленность. 2010. № 2. С. 40-43.
10. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – a review / K. Sedláková [et al.] // Acta Vet. Brno. 2016. Vol. 85. P. 165-175.
11. Paska M., Maslichuk O. Microstructural studies of improved meat chopped semi-finished products // Technology audit and production reserves. 2017. V. 3. № 3 (35). P. 39-44.
12. The future of lupin as a protein crop in Europe / M. M. Lucas [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2015. Vol. 6. P. 1-6.

Информация об авторах

Тимошенко Елена Сергеевна, руководитель группы переработки и пищевого использования люпина ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник. ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0002-0283-8785> E-mail: el.timo32@mail.ru

Руцкая Валентина Ивановна, старший научный сотрудник научного направления переработки и пищевого использования люпина ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), кандидат биологических наук. E-mail: rvi15@mail.ru

Яговенко Герман Леонидович, директор ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3202-230X> E-mail: lupin_mail@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-09

THE USE OF MODERN GROWTH-STIMULATING DRUGS IN THE CULTIVATION OF WHITE CABBAGE OF LATE RIPENING

N.V. Tyutyuma, A.N. Bondarenko, O.V. Kostyrenko

*Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian agrarian scientific center
of the Russian academy of sciences», Astrakhan region*

Received 22.03.2022

Submitted 21.04.2022

Summary

In the course of the studies, the most promising varieties and hybrids of late-ripe white cabbage were identified. Optimal variants of sheet treatments for its cultivation have been determined.

Abstract

Introduction. White cabbage in the conditions of the Southern Federal District is by far the most promising vegetable crop, both in terms of cultivation area and in terms of gross output. **Object.** The object of research was varieties and hybrids of white cabbage of late ripening: Sati F1, Aggressor F1, Gaaga F1 and Zimovka 1474. The research material was: Aminofol Plus, Novosil and Zdraven Turbo.

Materials and methods. In the course of the work carried out, the efficiency of growing new late-ripening varieties and hybrids of white cabbage of Russian selection was studied using various growth-stimulating drugs of a new generation against the background of mineral nutrition N₁₂₀P₆₀K₆₀. The studies were carried out on the irrigated experimental field of the Federal State Budget Scientific

Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», during 2019 ... 2021. The soil of the experimental plot is light chestnut solonchaks. **Results and conclusions.** Based on the results of the research, it should be noted that all the studied samples in terms of commercial yield, regardless of the prevailing agro-climatic conditions of the research region, were distinguished by a fairly high stability and evenness. Such hybrids as Sati F1 and Gaaga F1 spent water more economically on the formation of marketable products in the variant using the new natural preparation Novosil. At the same time, the water consumption coefficient was in the range of 111.9...119.9 m³/t. The maximum values of the water consumption coefficient were obtained for all control options from 157.3 to 196.8 m³/t. Based on the results of three years of study, the Gaaga F1 hybrid was identified with a maximum head diameter of 22.3 cm in the phase of technical ripeness on the variant with foliar treatment with Novosil. When analyzing the economic efficiency, the highly profitable Zimovka 1474 variety and the Aggressor F1 hybrid were identified on the variant with the Novosil preparation with a production profitability of 146.7 ... 155.9%.

Keywords: white cabbage, stimulants, biometrics, water consumption coefficient, economic efficiency.

Citation. Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. The use of modern growth-stimulating drugs in the cultivation of white cabbage of late ripening. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 81-87 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-09.

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

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

УДК 635.649

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ ПОЗДНЕГО СРОКА СОЗРЕВАНИЯ

Н. В. Тютюма, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН

А. Н. Бондаренко, доктор сельскохозяйственных наук

О. В. Костыренко, научный сотрудник

*ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище*

Дата поступления в редакцию 22.03.2022

Дата принятия к печати 21.04.2022

Актуальность. Капуста белокочанная в условиях Южного федерального округа на сегодняшний день является наиболее перспективной овощной культурой как по площадям возделывания, так и по объёму валовой продукции. **Материалы и методы.** В ходе проведенной работы была изучена эффективность выращивания новых позднеспелых сортов и гибридов капусты белокочанной российской селекции с использованием различных ростостимулирующих препаратов нового поколения на фоне минерального питания N₁₂₀P₆₀K₆₀. Исследования были проведены на орошаемом опытном поле ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в течение 2019...2021 гг. Почва опытного участка – светло-каштановая солонцеватая. **Объектом исследований** являлись сорта и гибриды капусты белокочанной позднего срока созревания: Сати F1, Агрессор F1, Гаага F1 и Зимовка 1474. Материалом исследования послужили: Аминофол Плюс, Новосил и Здравень Турбо. **Результаты и выводы.** По итогам проводимых исследований необходимо отметить, что все изучаемые образцы по товарной урожайности независимо от складывающихся агроклиматических условий региона исследований отличались достаточно высокой стабильностью и выравниваемостью. Более экономно на формирование товарной продукции расходовали воду такие гибриды, как Сати F1 и Гаага F1, на варианте с использованием нового природного препарата Новосил. При этом коэффициент водопотребления находился в диапазоне 111,9...119,9 м³/т. Максимальные значения коэффициента водопотребления были получены на

всех контрольных вариантах от 157,3 до 196,8 м³/т. По итогам трех лет изучения был выявлен гибрид Гаага F1 с максимальным значением диаметра кочана 22,3 см в фазе технической спелости на варианте с внекорневой обработкой препаратом Новосил. При анализе экономической эффективности были выделены высокорентабельные сорт Зимовка 1474 и гибрид Агрессор F1 на варианте с препаратом Новосил с рентабельностью производства 146,7...155,9 %.

Ключевые слова: капуста белокочанная, стимуляторы роста растений, коэффициент водопотребления капусты, возделывание капусты белокочанной.

Цитирование. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Применение современных ростостимулирующих препаратов при возделывании капусты белокочанной позднего срока созревания. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 81-87. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-09.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования были непосредственно вовлечены в планирование, выполнение и анализ этого исследования. Все авторы этой статьи прочитали и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Капуста белокочанная (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) – широко распространенная овощная культура [4, 6-10, 15].

Важнейшими агроприемами повышения урожайности капусты белокочанной являются внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов и гибридов [8-10] и использование более совершенной системы удобрений [1, 5, 11].

В ходе НИР методом расщепленных делянок был заложен двухфакторный полевой опыт по культуре «капуста белокочанная». Повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок – систематическое. В двухфакторном полевом опыте фактором А являлись сорта и гибриды капусты белокочанной позднего срока созревания: Сати F1, Агрессор F1, Гаага F1 и Зимовка 1474.

Фактором В являлись антистрессовый агрохимикат Аминофол Плюс, синтетический препарат Новосил и комплексное минеральное удобрение для листовой подкормки Здравень турбо (универсальный для овощных).

Опыт был заложен на орошаемом участке и предусматривал следующие варианты: 1. Контроль – обработка водой; 2. Аминофол Плюс – обработка по листу в течение вегетации; 3. Новосил – обработка по листу в течение вегетации; 4. Здравень турбо – обработка по листу в течение вегетации. Нормы расходов и сроки обработок осуществлялись согласно установленным рекомендациям от товаропроизводителя.

Материалы и методы. Исследования были проведены на орошаемом опытном поле ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в течение 2019...2021 гг. Полевые учеты, наблюдения и измерения проведены с использованием общепринятых методик [2, 3]. Общая площадь под изучение капусты белокочанной – 480,0 м². Площадь учётной делянки – 10,0 м². Норма высадки рассады – 56,0 тыс. шт./га. Схема посадки осуществлялась по схеме 1,4 х 0,25 м. Способ высадки – вручную (рассада). В период вегетации, согласно почвенно-климатическим условиям Астраханской области, с учётом выноса питательных веществ были внесены минеральные удобрения в норме N₁₂₀P₆₀K₆₀.

Результаты и обсуждение. По итогам трех лет изучения в среднем было проведено 44 полива поливной нормой 150 м³/га. При этом суммарное водопотребление составило 7463 м³/га.

За три года были выделены два гибрида Сати F1 и Гаага F1, которые более экономно расходовали воду на формирование товарной продукции. Так, у гибридов Гаага F1 и Сати F1 наименьший показатель коэффициента водопотребления 111,9...119,9 м³/т был получен на варианте с листовой обработкой препаратом Новосил.

Максимальный коэффициент водопотребления был получен на контрольных вариантах у всех гибридов и сорта, находящихся в изучении. В зависимости от урожайности он варьировал от 157,3 до 196,8 м³/т (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициент водопотребления капусты белокочанной, среднее за 2019...2021 гг.

Table 1 – Water consumption rate of white cabbage, average for 2019... 2021

Сорт, гибрид	Вариант/ Option	2019	2020	2021	Среднее за 2019...2021гг.
Сати F ₁ / Sati F ₁	Контроль/Control	343,2	114,2	133,0	196,8
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	209,4	109,0	114,2	144,2
	Новосил/Novosil	168,5	87,3	103,8	119,9
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	237,6	101,2	102,4	147,1
Агрессор F ₁ / Aggressor F ₁	Контроль/Control	262,9	118,0	114,2	165,0
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	220,7	104,3	105,7	143,6
	Новосил/Novosil	172,4	98,0	96,4	122,3
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	242,2	116,5	123,8	160,8
Гага F ₁ / Gaga F ₁	Контроль/Control	188,2	140,8	142,8	157,3
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	170,8	118,0	105,6	131,5
	Новосил/Novosil	130,5	102,7	102,4	111,9
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	171,6	104,1	115,8	130,5
1474/ Wintering 1474	Контроль/Control	296,6	140,6	133,0	190,1
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	220,7	104,1	105,7	143,5
	Новосил/Novosil	208,3	99,4	99,3	135,7
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	231,7	122,1	133,0	162,3

При анализе биометрических измерений капусты белокочанной по итогам трех лет изучения в фазе образования розетки (75 %) был выявлен гибрид Гага F₁ на варианте с внекорневой обработкой препаратом Новосил с максимальными показателями диаметра розетки листьев – 56,0 см. В фазе технической спелости аналогично выделился этот же вариант у гибрида Гага F₁. При этом ширина розетки листьев составила 79,5 см, диаметр – 22,3 см, высота кочана – 22,7 см, длина кочерыжки – 14,3 см (таблица 2).

По результатам экономического анализа за три года проводимых исследований были выделены наиболее высококорентабельные сорт Зимовка 1474 и гибрид Агрессор F₁ на варианте с использованием препарата Новосил. Чистый доход по варианту опыта у этих образцов находился в диапазоне 492,3...525,4 тыс. р./га. Рентабельность производства 146,7...155,9 % (таблица 3). В целом по вариантам опыта на всех гибридах и сорте капусты белокочанной общие затраты составляли 327,1...337,1 тыс. р./га при экономической эффективности 1,2...2,6 р./р. вложенных затрат.

Выводы:

1. На светло-каштановой солонцеватой почве в условиях севера Астраханской области на агрофоне N120P60K60 с применением препарата Новосил сорта и гибриды белокочанной капусты позднего срока созревания сформировали достаточно высокий уровень товарной урожайности.

2. Максимальный показатель урожайности – 57,5 т/га – за период проведенных исследований были получен у гибрида Агрессор F₁. Данный гибрид считаем возможным рекомендовать для возделывания в почвенно-климатических условиях аридного климата севера Астраханской области в условиях ЛПХ и КФХ с использованием листовой обработки Новосил на фоне N120P60K60.

Таблица 2 – Биометрические показатели капусты белокочанной в зависимости от вариантов листовой обработки, среднее за 2019...2021 гг.

Table 2 - Biometric indicators of white cabbage depending on sheet treatment options, average for 2019... 2021

Сорт, гибрид/ Vatety, hybrid	Вариант/ Option	Количество листьев перед высадкой в грунт, шт./ Quantity leaves before landing in the ground, pcs.	Длина наибольшего листа перед высадкой в грунт, см/ Longest sheet before landing in the ground, cm	Ширина наибольшего листа, перед высадкой в грунт, см/ Width sheet, before landing in soil, cm	Длина черешков, см/ Length of petioles, cm	Фаза образования розетки/ Socket formation phase			В технической спелости / In technical ripeness			
						10%	75%	Диаметр розетки листьев, см/ Diameter of the rosette of the leaves, cm	Ширина розетки, см/ Width sockets, cm	Диаметр кочана, см/ Diameter kочana, cm	Высота кочана, см/ Height kочana, cm	Длина кочерыжки см/Length stumps, cm
Сати F1/ Sat F1	Контроль/Control	3,0	5,9	3,5	1,4	24,2	45,4		57,1	14,3	17,9	8,3
	Аминофол											
	Плюс/Aminofol Plus	3,0	6,3	3,4	1,4	25,3	52,9		69,6	17,3	19,4	8,4
	Новосил/Novosil	4,0	6,3	3,6	1,5	26,3	53,0		75,7	18,3	20,9	8,8
Агрессор F1/ Aggressor F1	Здравень											
	Турбо/Zdraven Turbo	3,0	6,1	3,6	1,6	24,5	53,7		69,4	17,4	18,6	7,8
	Контроль/Control	3,0	5,9	3,2	1,4	24,4	46,0		67,1	18,2	16,9	7,8
	Аминофол											
Гага F1/ Gaga F1	Плюс/Aminofol Plus	4,0	5,7	3,5	1,6	26,2	52,6		70,7	20,3	18,2	9,8
	Новосил/Novosil	4,0	6,5	3,5	1,5	27,3	55,4		74,9	20,0	18,0	10,3
	Здравень											
	Турбо/Zdraven Turbo	3,0	6,6	3,4	1,4	25,9	52,6		70,1	20,6	18,9	11,8
Зимовка 1474/ Wintering 1474	Контроль/Control	3,0	6,4	3,6	1,6	22,0	43,4		65,9	18,4	19,2	10,8
	Аминофол											
	Плюс/Aminofol Plus	3,0	6,5	3,7	1,8	25,6	52,6		70,1	19,8	20,2	11,0
	Новосил/Novosil	3,0	6,6	3,8	2,0	27,9	56,0		79,5	22,3	22,7	14,3
Зимовка 1474/ Wintering 1474	Здравень											
	Турбо/Zdraven Turbo	3,0	5,8	3,5	1,6	22,7	47,4		71,2	21,7	21,3	12,3
	Контроль/Control	3,0	5,3	3,3	1,2	22,0	43,6		66,9	16,9	15,0	8,8
	Аминофол											
Зимовка 1474/ Wintering 1474	Плюс/Aminofol Plus	4,0	6,2	3,8	1,8	24,7	49,9		73,2	20,6	17,9	10,8
	Новосил/Novosil	4,0	6,5	3,8	1,4	25,9	52,8		75,9	20,6	18,4	11,8
	Здравень											
	Турбо/Zdraven Turbo	4,0	5,9	3,6	1,4	24,6	49,7		74,9	17,9	17,9	9,8

Таблица 3 – Экономическая эффективность капусты белокачанной, среднее за 2019...2021 гг.

Table 3 – Economic efficiency of white cabbage, average for... 2019...2021

Сорт, гибрид/ Variety, hybrid	Варианты/ Options	Хозяйственная урожай- ность, т/га/ Economic yields wear, t/ha	Общие затраты, тыс. р./ The general costs, thousand rubles.	Себестоимость, тыс. р./t/ Cost price, thousand p./t	Стоимость реализованной продукции, тыс. р./ Cost realized products, thousand rubles.	Чистый доход, тыс. р./га/ Net income, thousand p ./ha	Рентабель- ность, %/ Costeffectiven ess, %	Экономическая эффективность, р./р. вложенных затрат/ Cost- effectiveness, p/r. invested costs
Сати F1/ Sat F1	Контроль/Control	30,4	327,6	10,8	456,0	128,4	39,2	1,4
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	35,7	328,7	9,2	535,5	206,8	62,9	1,6
	Новосил/Novosil	36,1	328,9	9,1	541,5	212,6	64,6	1,7
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	39,1	329,2	8,4	586,5	257,3	78,2	1,8
Агрессор F1/ Aggressor F1	Контроль/Control	39,9	329,4	8,3	598,5	269,1	81,7	1,8
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	48,3	333,6	6,9	724,5	390,9	117,2	2,2
	Новосил/Novosil	57,5	337,1	5,9	862,5	525,4	155,9	2,6
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	42,0	330,4	7,9	630,0	299,6	90,7	1,9
Гага F1/ Gaga F1	Контроль/Control	26,6	327,1	12,3	399,0	71,9	21,9	1,2
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	41,8	331,0	7,9	627,0	296,0	89,4	1,9
	Новосил/Novosil	46,2	332,7	7,2	693,0	360,3	108,3	2,1
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	41,4	329,8	8,0	621,0	291,2	88,3	1,9
Зимовка 1474/ Wintering 1474	Контроль/Control	31,5	328,1	10,4	472,5	144,4	44,0	1,4
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	50,6	334,0	6,6	759,0	425,0	127,3	2,3
	Новосил/Novosil	55,2	335,7	6,1	828,0	492,3	146,7	2,5
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	37,8	328,9	8,7	567,0	238,1	72,4	1,7

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Продуктивность использования влаги белокочанной капусты при орошении в Волго-Донском междуречье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 33-41.
2. Белик В. Ф. Методика в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Колос, 1982. С. 32-35.
3. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИ овощеводства, 2011. 648 с.
4. Продуктивность и качество новых сортов и гибридов капусты белокочанной А. Ф. Разин [и др.] // Аграрная Россия. 2019. № 7. С. 7-9.
5. Пронько Н. А., Рябцева Т. Г. Водопотребление капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовском правобережье // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 27-30.
6. Широков Ю. А. Анализ возможностей по управлению себестоимостью продукции растениеводства // Аграрная Россия. 2020. № 2. С. 32-39.
7. Эффективность российского овощеводства открытого грунта в условиях санкций / А. Ф. Разин [и др.] // Аграрная Россия. 2019. № 4. С. 42-48.
8. Bioactive polyphenolic compounds from white cabbage cultivars / Jakobek Lidija [et al.] // Croatian Journal of Food Science and Technology. 2018. № 10. P. 164-172.
9. Diaz Yura, Tomczak Jakub, Bhulai Sandjai Deep learning for white cabbage seedling prediction // Computers and Electronics in Agriculture. 2021. № 184.
10. Elemental analysis in the white cabbage in Gümüşhane / Aksoy Canan [et al.] // Cumhuriyet University Faculty of Science Science Journal (CSJ). 2014. № 35. P. 1300-1949.
11. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage / Seidel Sabine [et al.] // Agricultural Water Management. 2017. № 187. P. 99-111.
12. Kural Leyla, Yergin Özkan Reyhan Allelopathic potential of white cabbage on some plants // Plant, Soil and Environment. 2020. № 66. P. 559-563.
13. Perugachi-Diaz Yura, Tomczak Jakub, Bhulai Sandjai Deep learning for white cabbage seedling prediction // Computers and Electronics in Agriculture. 2021. № 184.
14. Phrommany Tonkham, Philavong Jessica Cabbage Commodity Agribusiness Management // Journal La Lifesci. 2021. № 2. P. 29-36.
15. Shelf life stability of osmodehydrated white cabbage: PCA analysis / Cvetković Biljana [et al.] // Journal on Processing and Energy in Agriculture. 2021. № 25. P. 24-27.

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251, Астраханская область, Черный район, кв.-л Северный, 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru. ORCID ID № 0000-0001-6582-2628.

Бондаренко Анастасия Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251, Астраханская область, Черный район, кв.-л Северный, 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru. ORCID ID № 0000-0003-4816-5667.

Костыренко Оксана Владимировна, научный сотрудник лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251, Астраханская область, Черный район, кв.-л Северный, 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru ORCID ID № 0000-0002-9650-9674.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-10

THE INFLUENCE OF PRE-SEEDING TREATMENT METHODS ON THE SUNFLOWER DEVELOPMENT IN THE ZONE OF SOUTHERN CHERNOZEM OF THE VOLGOGRAD REGION

M. P. Aksenov, N. Yu. Petrov, N. I. Lebed, D. D. Nekhoroshev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 05.05.2022

Submitted 13.05.2022

Abstract

Introduction. The share of the main three oilseeds cultivated in Russia (sunflower, soy, rapeseed) accounts for 95% of the gross yield of oilseeds, while sunflower accounts for about 80%. The rapid growth of sunflower oil production in Russia is primarily due to an increase in the gross harvest of oil seeds and the con-

struction of modern processing plants using local domestic raw materials. Stable demand for sunflower oil abroad contributes to the increase in purchase prices for sunflower seeds by processing enterprises. In September 2020, the average purchase price for sunflower seeds reached 28,500 rubles, compared to 2019 - an increase of 49%, allowing the cultivation of sunflower to be attributed to highly profitable crops. **Object.** Three zoned sunflower hybrids were selected as the object of research: NK Neoma, LG 5550 and EU Petunia. Pre-sowing treatment was carried out by the growth regulator Zerebra Agro and the influence of an electric field of alternating voltage of high voltage. **Materials and methods.** Pre-sowing treatment of seeds in an alternating voltage electric field was carried out under the optimal regime established in laboratory conditions: the electric field strength is 8 kV / cm, the processing time is 1 minute. Seed treatment with the growth regulator Zerebra Agro was carried out with a solution prepared according to the manufacturer's recommendations: 100 ml of the drug + 1 liter of water, per 100 kg of processed seeds. The technology of tillage was adopted according to regional recommendations, double disc peeling of stubble, dump plowing at a depth of 0.28 m. In spring, pre-sowing tillage included cover harrowing to level the field and close moisture, cultivation to a depth of 0.08...0.1 m, pre-sowing cultivation to a depth of 0.06...0.08 m. Sowing for all years of the field experiments was carried out in the second decade of May in one day, with a precision seeding drill SPB-8, with a seeding rate of 60,000 germinating seeds per hectare. **Results and conclusions.** Depending on the method of pre-sowing treatment, a not significant increase in the duration of the growing season by 2...3 days was found in the hybrids NK Neoma and LG 5550, more significant by 7...8 days in the hybrid EU Petunia. The influence of pre-sowing treatment options on the passage of interphase periods was established, the period of germination – basket formation was reduced by 1...5 days, the duration of the basket formation - flowering phase increased by 3...6 days, flowering – maturation by 2...5 days. The increase in the duration of the growing season was of great practical importance for production, the longer the growing season, the higher the yield of sunflower

Keywords: seeds, sunflower, pre-sowing treatment, growth regulator, development phases.

Citation. Aksenov M.P., Petrov N.Yu., Lebed N.I., Nekhoroshev D. D. The Influence of pre-seeding treatment methods on the sunflower development in the zone of southern chernozem of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 87-95 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-10.

Author's contribution. The presented team of authors of these studies was directly involved in planning, laying, conducting a pilot experiment and processing research results. All the authors of this article are familiar with its contents and have approved the final version.

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

УДК 631.811.98:633.854.78

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА РАЗВИТИЕ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗОНЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М. П. Аксенов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. И. Лебедь, доктор технических наук, профессор

Д. Д. Нехорошев, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 05.05.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

Актуальность. На долю основных масличных культур, возделываемых в России (подсолнечник, соя, рапс) приходится 95 % от валового урожая маслосемян, при этом на долю подсолнечника приходится около 80 %. В последние годы стремительный рост производства в России подсолнечного масла связан в первую очередь с увеличением валового сбора маслосемян и строительством современных перерабатывающих заводов, использующих местное сырье. Стабильный спрос на подсолнечное масло за рубежом способствует повышению закупочных цен на

семена подсолнечника перерабатывающими предприятиями. В сентябре 2020 года средняя закупочная цена на семена подсолнечника достигала 28 500 рублей, по сравнению с 2019 годом – рост составил 49 %, позволяя относить возделывание подсолнечника к высокорентабельным культурам. Объект. **Объектом исследований** были выбраны три районированных гибрида подсолнечника: НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния. Предпосевная обработка производилась регулятором роста Зеребра Агро и воздействием электрического поля переменного напряжения высокого напряжения. **Материалы и методы.** Предпосевная обработка семян в электрическом поле переменного напряжения осуществлялась при оптимальном установленном в лабораторных условиях режиме: напряженность электрического поля 8 кВ/см, время обработки 1 минута. Обработка семян регулятором роста Зеребра Агро осуществлялась раствором, приготовленным по рекомендациям производителя: 100 мл препарата + 1 литр воды, на 100 кг обрабатываемых семян. Технология обработки почвы принята согласно региональным рекомендациям, двукратное дисковое лущение стерни, отвальная вспашка на глубине 0,28 м. Весной предпосевная обработка почвы включала покровное боронование, для выравнивания поля и закрытия влаги, культивация на глубину 0,08...0,1 м, предпосевная культивация на глубину 0,06...0,08 м. Высев по всем годам заложенных полевых опытов проводился во второй декаде мая за один день, сеялкой точного посева СПБ-8, с нормой посева 60 000 всхожих семян на гектар. **Результаты и выводы.** В зависимости от способа предпосевной обработки установлено незначительное увеличение продолжительности вегетационного периода на 2...3 дня, у гибридов НК Неома и ЛГ 5550, более значительное, на 7...8 дней, у гибрида ЕС Петуния. Установлено влияние вариантов предпосевной обработки на прохождение межфазных периодов, сокращался период всходы – образование корзинки на 1...5 дней, увеличивались по продолжительности фазы образование корзинки – цветение на 3...6 дней, цветение – созревание – 2...5 дней. Увеличение продолжительности вегетационного периода имело большое практическое значение для производства, поскольку чем длиннее вегетационный период, тем выше урожайность подсолнечника.

Ключевые слова: семена подсолнечника, предпосевная обработка семян, регуляторы роста растений, фазы развития подсолнечника.

Цитирование. Аксенов М. П., Петров Н. Ю., Лебедь Н. И., Нехорошев Д. Д. Влияние способов предпосевной обработки на развитие подсолнечника в зоне черноземов южных Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 87-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-10.

Авторский вклад. Авторский коллектив принимал непосредственное участие в планировании, закладке, проведении опытного эксперимента и обработке результатов исследований. Все авторы настоящей статьи ознакомлены с ее содержанием и одобрили окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На долю основных трех масличных культур, возделываемых в России (подсолнечник, соя, рапс) приходится 95% от валового урожая маслосемян, при этом на долю подсолнечника приходится около 80%. Растительное масло, получаемое из семян подсолнечника, является продуктом первой необходимости, находит широкое применение в домашних хозяйствах для приготовления пищи, в кондитерской, хлебопекарной и других отраслях промышленности.

На протяжении последних 8 лет по данным Росстата отмечается устойчивый рост производства растительного масла, который связан в первую очередь с увеличением валового сбора маслосемян и строительством современных перерабатывающих заводов, использующих местное сырье. Стабильный спрос на подсолнечное масло за рубежом способствует повышению закупочных цен на семена подсолнечника перерабатывающими предприятиями. В сентябре 2020 года средняя закупочная цена на семена подсолнечника достигала 28 500 рублей по сравнению с 2019 годом – рост составил 49 %, позволяя относить возделывание подсолнечника к высокорентабельным культурам. Однако с ростом закупочных цен на семена подсолнечника растут и затраты, связанные

с выращиванием подсолнечника, начиная от стоимости топлива и заканчивая средствами защиты растений, удобрениями и самими посевными семенами, которые в подавляющем большинстве представлены импортными гибридами и зависят от цены валюты. Генетически заложенная урожайность гибридов подсолнечника, допущенных к возделыванию в Волгоградском регионе, составляет 4...4,5 т/га, фактически средняя урожайность не превышает 1,6 т/га, имеются хозяйства с урожайностью подсолнечника 2,5...3,0 т/га [9]. Следовательно, вопрос повышения урожайности и снижения затрат является актуальным. Залогом высокого урожая в первую очередь являются качество семян, которое определяется всхожестью и энергией роста, плодородием почвы и способами ее обработки, подавления сорняков и защиты растений от вредителей [8]. Для повышения всхожести и энергии роста применяются различные методы стимулирования семян [7], от классических агроприемов – обработка стимуляторами роста [3, 6], до внедрения инновационных электротехнологий, имеющих неоспоримые достоинства в плане экологической безопасности как получаемого урожая, так и окружающей среды. Предпосевная обработка семян в электрическом поле переменного напряжения различной напряженности [4, 5], электромагнитном поле с разной интенсивностью, СВЧ полях [1, 2], которую проводили ученые на различных сельскохозяйственных культурах и семенах хвойных растений, показала значительное повышение всхожести и энергии роста, увеличение урожайности [10]. Исследований по влиянию предпосевной обработки семян подсолнечника в электрическом поле переменного напряжения на рост и развитие растений подсолнечника проводилось крайне мало, и они не всегда характеризовались технологической законченностью.

Целью наших исследований являлось сравнение способов предпосевной обработки семян подсолнечника регулятором роста Зеребра Агро и электрическим полем переменного напряжения промышленной частоты напряженность 8 кВ/см на рост и развитие растений подсолнечника, возделываемого в зоне черноземных почв Волгоградского региона.

Материалы и методы. Для реализации сформулированной цели исследования в период 2018...2020 года закладывался двухфакторный полевой опыт в КФХ Егорушин А.Ю. Михайловском районе Волгоградской области. По фактору А изучались гибриды подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния, по фактору В изучалось влияние способа предпосевной обработки семян.

Обработка семян в электрическом поле переменного напряжения осуществлялась при оптимальном установленном в лабораторных условиях режиме: напряженность электрического поля 8 кВ/см, время обработки 1 минута [11, 12]. Обработка семян регулятором роста Зеребра Агро [13], путем приготовления рабочего раствора по рекомендациям производителя: 100 мл препарата + 1 литр воды, на 100 кг обрабатываемых семян.

Почва опытного поля – чернозем южный маломощный, щелочная реакция почвы в среднем за три года 7,59. Содержание гумуса варьировало по годам исследований от 4,70 до 4,83%, содержание азота 100,7 мг/кг, калия 340,5 ... 346,2 мг/кг, фосфора 35,18 ... 40,76 мг/кг. Максимальная гигроскопичность в слое 0,00-1,00 равнялась 9,74 %, влажность завядания, рассчитанная с коэффициентом, – 1,34-13,05 %.

Технология обработки почвы принята согласно региональным рекомендациям, двукратное дисковое лущение стерни, отвальная вспашка на глубине 0,28 м. Весной предпосевная обработка почвы включала покровное боронование, для выравнивания поля и закрытия влаги, культивация на глубину 0,08...0,1 м, предпосевная культивация на глубину 0,06...0,08 м.

Высев по всем годам опытов проводился во второй декаде мая за один день, сеялкой точного высева СПБ-8, с нормой высева 60000 всхожих семян на гектар.

Результаты и обсуждение. Условиями получения высокой продуктивности подсолнечника является соблюдение технологии возделывания культуры, кондиционные свойства семян, генетическая устойчивость к болезням, плодородие почвы, определяемое содержанием гумуса и содержание в почве необходимых для развития микроэлементов, а также благоприятные погодные условия на всех фазах развития растений. Для помощи в росте и развитии применяются регуляторы роста растений, которые ускоряют процессы, происходящие в зародыше при попадании во влажную почву при благоприятной для прорастания температуре почвы. Электрофизические воздействия также ускоряют развитие семени, стимулируют потребление большего количества воды для набухания из почвы. Развитие растений принято определять по основным фазам: посев – всходы; всходы – образование корзинки; образование корзинки – цветение; цветение – созревание. В зависимости от сложившихся погодных условий, способов внешнего воздействия, межфазные периоды могут как сокращаться, так и увеличиваться по продолжительности. В годы малообеспеченные осадками межфазные периоды сокращаются, урожай созревает быстрее. При достаточном количестве влаги некоторые периоды удлиняются, позволяя получить больший урожай.

Обеспеченность почвы запасами продуктивной влаги по годам исследований различалась в 2018 и 2019 году незначительно и составляла 150,4 и 158,6 мм соответственно, в 2020 году запасы были значительно меньше – 135,2 мм. На начальных этапах развития после посева имеет значение продуктивная влага в 10 см слое почвы, температура почвы, количество выпавших осадков за период посев – всходы. Запасы продуктивной влаги в десятисантиметровом слое по годам отличались незначительно, от 10,3 в 2020 году, до 12,3 мм в 2019 году. Более значительное различие наблюдалось как по средней температуре 23,1 ... 24,2 °C в 2019 и 2018 году и значительно ниже в 2020 году – 18,1 °C, так и по сумме положительных температур за период посев-всходы. Отсутствие осадков в 2020 году в период посев – всходы, более низкая температура воздуха, являлись факторами, при которых за весь период исследований установлена минимальная всхожесть как на контроле, так и на вариант с проведенной предпосевной обработкой (таблица 1).

Таблица 1 – Гидротермические условия в период посева по годам проводимых исследований

Table 1 – Hydrothermal conditions during the sowing period by the years of research

Показатель / Indicator	Год /Year		
	2018	2019	2020
Дата посева культуры / Date of sowing of the crop	15 мая 15 May	20 мая 20 May	12 мая 12 May
Продуктивная влага в слое 0.0...0.1 м перед посевом, мм / Productive moisture in the layer 0.0...0.1 m before sowing, mm	11,7	12,3	10,3
Продуктивная влага в слое 0.0...1.0 м перед посевом, мм / Productive moisture in the layer 0.0...1.0 m before sowing, mm	150,4	158,6	135,2
Сумма положительных температур, °C / Sum of positive temperatures, °C	150,4	158,6	135,2
Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C	24,2	23,1	18,1
Количество осадков в период посев-всходы, мм / The amount of precipitation during the sowing period-seedlings, mm	9,7	12,2	0

Наблюдения показали, что влияние изучаемых агроприемов по предпосевной обработке семян проявляется уже в период появления всходов. На контроле без обработки семян, фаза посев – всходы у гибрида НК Неома по всем годам исследований составляла 12 дней, на варианте обработки семян в электрическом поле продолжительность сокращалась до 11 дней, на варианте обработки регулятором роста Зеребра Агро продолжительность фазы в 2018 и 2019 году сокращалась до 11 дней, в 2020 году являющийся менее благоприятным по погодным условиям, уменьшения продолжительности периода не наблюдалось относительно контроля. Самый продолжительный период фазы посев – всходы наблюдался у гибрида ЛГ 5550 – 13 дней, на вариантах обработки в электрическом поле и регулятором роста Зеребра Агро сокращался до 12 дней, на контроле у гибрида ЕС Петуния продолжительность всходов составляла 12-13 дней по годам исследований, влияния регулятора роста Зеребра Агро в 2018, 2019 года не установлено, в 2020 году всходы появились на 12 день, при контроле - 13 дней. Семена, обработанные в электрическом поле, всходили на 1 день раньше контроля (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние способов предпосевной обработки семян подсолнечника на продолжительность периода посев-всходы

Table 2 – Influence of methods of pre-sowing treatment of sunflower seeds on the duration of the sowing-germination period

Вариант / Option	Продолжительность периода, сутки / Duration of the period, day		
	НК Неома / NK Neoma	ЛГ 5550 / LG 5550	ЕС Петуния / EU Petunia
2018 год / 2018 year			
Контроль / Control	12	13	12
Зеребра Агро / Silver Agro	11	12	12
Электрическое поле / Electric field	11	12	11
2019 год / 2019 year			
Контроль / Control	12	13	12
Зеребра Агро / Silver Agro	11	12	12
Электрическое поле / Electric field	11	12	11
2020 год / 2020 year			
Контроль / Control	12	13	13
Зеребра Агро / Silver Agro	12	13	12
Электрическое поле / Electric field	11	12	11

Полнота всходов в среднем за годы наблюдения на контроле наибольшей была у гибрида НК Неома – 82,03%, у гибрида ЛГ 5550 – 80,53%, у гибрида ЕС Петуния самый низкий показатель из изучаемых гибридов – 80,00%. На варианте обработки семян регулятором роста Зеребра Агро полевая всхожесть возрастала у всех гибридов на 3,13 ... 3,77%, наиболее отзывчивым был гибрид НК Неома, полевая всхожесть повышалась до 85,80 %, менее отзывчивым был гибрид ЕС Петуния – 83,13%. При обработке семян в электрическом поле, полевая всхожесть повышалась у гибрида НК Неома на 6,07%, у гибрида ЛГ 5550 на 5,07%, у гибрида ЕС Петуния на 5,47%, и составляла соответственно 88,10, 85,60 и 85,47% соответственно (таблица 3).

Проведенными трехлетними полевыми опытами установлено влияние на развитие гибридов подсолнечника влияние предпосевной обработки семян, заключающееся в изменении продолжительности межфазных периодов как в сторону увеличения, так и сокращения. На варианте обработки семян регулятором роста продолжительность фазы всходы – образование корзинки сокращалось на 3 дня у гибрида НК Неома, на 1 день – у гибрида ЛГ

5550 и 2 дня у гибрида ЕС Петуния, на контроле самая продолжительная фаза наблюдалась у гибрида НК Неома, короткая у гибрида ЛГ 5550 – 30 дней. На варианте обработки семян в электрическом поле не установлено изменения продолжительности фазы у гибрида ЛГ 5550, у гибрида НК Неома период фазы составлял 33 дня, у гибрида ЕС Петуния – 32 дня. Продолжительность фазы образования корзинки – цветения минимальным было на контроле у гибрида НК Неома – 23 дня, на вариантах обработки семян продолжительность увеличивалась на 2-3 дня, незначительное влияние изменения продолжительности наблюдалось у гибрида ЛГ 5550 – отклонение от контроля в сторону увеличения 1 день, самая продолжительная фаза «образование корзинки – цветение» установлена у гибрида ЕС Петуния на варианте обработки в электрическом поле – 40 дней.

Таблица 3 – Полевая всхожесть в зависимости от исследуемых способов предпосевной обработки

Table 3 – Field germination depending on the studied methods of pre-sowing treatment

Вариант / Option	Среднее за 3 года (2018...2020) / Average for 3 years (2018...2020)			
	полевая всхожесть, % / field germination, %	отклонение от контроля, % deviation from control, %	полевая всхожесть, шт/га field germination, pcs/ha	отклонение от контроля, шт/га deviation from control, pcs/ha
гибрид подсолнечника НК Неома / sunflower hybrid NK Neoma				
Контроль / Control	82,03	-	49218	-
Зеребра Агро / Silver Agro	85,80	+3,77	51480	+2262
Электрическое поле / Electric field	88,10	+6,07	52860	+3642
гибрид подсолнечника ЛГ 5550 / sunflower hybrid LG 5550				
Контроль / Control	80,53	-	48318	-
Зеребра Агро / Silver Agro	84,20	+3,67	50520	+2202
Электрическое поле / Electric field	85,60	+5,07	51360	+3042
гибрид подсолнечника ЕС Петуния / sunflower hybrid EU Petunia				
Контроль / Control	80,00	-	48000	-
Зеребра Агро / Silver Agro	83,13	+3,13	49878	+1878
Электрическое поле / Electric field	85,47	+5,47	51282	+3282

Фаза цветения – созревания на контроле у гибрида НК Неома по продолжительности составила 51 день, гибрида ЛГ 5550 – 49 дней, гибрида ЕС Петуния – 42 дня. На варианте обработки регулятором роста Зеребра Агро, установлено увеличение продолжительности межфазного периода на 3 дня у гибрида НК Неома и ЛГ 5550, на 2 дня у гибрида ЕС Петуния. На варианте обработки в электрическом поле незначительно удлинялся период на 1 день у гибрида ЛГ 5550, более значительно на 5 дней у гибрида НК Неома, у гибрида ЕС Петуния на 4 дня (таблица 4).

На продолжительность вегетационного периода оказывали влияние как погодные условия (температура воздуха, влажность и количество выпавших осадков), так и исследуемые способы предпосевной обработки семян. У всех гибридов продолжительность вегетационного периода увеличивалось относительно контроля на всех вариантах

предпосевной обработки. Продолжительность фазы всходы-созревание у гибрида НК Неома увеличивалась на 2...3 дня, у гибрида ЛГ 5550 на 2...3 дня, более существенно установлено увеличение продолжительности вегетационного периода у гибрида ЕС Петуния на 7...8 дней до 118 дней, при контроле 110 дней.

Таблица 4 – Продолжительность межфазных периодов гибридов подсолнечника в зависимости от изучаемых факторов предпосевной обработки, сутки (среднее за 2018...2020 гг.)

Table 4 – Duration of interphase periods of sunflower hybrids depending on the studied factors of pre-sowing treatment, day (average for 2018...2020)

Вариант предпосевной обработки / Pre-sowing treatment option	Посев-Всходы / Sowing-shoots	Всходы-образование корзинки / Shoots-basket formation	Образование корзинки-цветение / Basket formation-flowering	Цветение – созревание / Flowering - maturation	Всходы-созревание / Shoots-maturation
гибрид подсолнечника НК Неома / sunflower hybrid NK Neoma					
Контроль / Control	12	38	23	51	112
Зеребра Агро / Silver Agro	11	35	26	54	115
Электрическое поле / Electric field	11	33	25	56	114
гибрид подсолнечника ЛГ 5550 / sunflower hybrid LG 5550					
Контроль / Control	13	30	26	49	105
Зеребра Агро / Silver Agro	12	29	27	52	108
Электрическое поле / Electric field	12	30	27	50	107
гибрид подсолнечника ЕС Петуния / sunflower hybrid EU Petunia					
Контроль / Control	12	34	34	42	110
Зеребра Агро / Silver Agro	12	32	41	44	117
Электрическое поле / Electric field	11	32	40	46	118

Выводы. В зависимости от способа предпосевной обработки установлено незначительное увеличение продолжительности вегетационного периода – на 2...3 дня у гибридов НК Неома и ЛГ 5550, более значительное – на 7...8 дней – у гибрида ЕС Петуния. Установлено влияние вариантов предпосевной обработки на прохождение межфазных периодов, сокращался период всходы – образование корзинки на 1...5 дней, увеличивались по продолжительности фазы образование корзинки – цветение на 3...6 дней, цветение – созревание – 2...5 дней. Увеличение продолжительности вегетационного периода, имело большое практическое значение для производства, поскольку чем длиннее вегетационный период, тем выше урожайность подсолнечника.

Библиографический список

1. Бастрон А. В., Исаев А. В., Мещеряков А. В. Эффективные режимы предпосевной обработки семян рыжика в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 4-7.
2. Василенко А. А. Режимы предпосевной обработки семян масличных культур ЭМП СВЧ и устройства для их эффективного осуществления // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 169-172.
3. Дубовченко А. О., Чурзин В. Н. Агротехническая оценка способов основной обработки почвы и применения удобрений в технологии возделывания подсолнечника на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 127-134.

4. Казакова А. С., Майборода С. Ю., Юдаев И. В. Перспективы применения стимуляции старых семян зерновых культур в электрическом поле // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 1 (45). С. 68-72.
5. Казакова А. С., Майборода С. Ю., Юдаев И. В. Обработка семян ячменя перед посевом в переменном электрическом поле // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 4. С. 94-99.
6. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Чижиков С. А. Реакция гибридов подсолнечника на применение биологически активных веществ в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 40-46.
7. Подлесный С. П., Бушнев А. С., Цику Д. М. Влияние норм высева на выполненность, объемную массу и массу 1000 семян новых и перспективных сортов и гибридов подсолнечника // Масличные культуры. 2018. Вып. 2 (174). С. 47-54.
8. Урожайность подсолнечника и сои на черноземе выщелоченном в зависимости от технологии возделывания в Краснодарском крае / В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Е. Г. Животовская, О. А. Подколзин // Масличные культуры. 2018. Вып. 2 (174). С. 71-74.
9. Чурзин В. Н., Дубовченко А. О. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. Волгоград. 2020. № 1 (57). С. 159-167.
10. Стародубцева Г. П., Ливинский С. А., Любая С. И. Обоснование параметров воздействия импульсного электрического поля при предпосевной обработке семян озимой пшеницы // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2 (26). С. 44-48.
11. Influence of pre-sowing sunflower seeds treatment in electric field and plant growth stimulant on water consumption and yield / M. P. Aksenov, N. Y. Petrov, A. I. Belyaev, A. M. Pugacheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 659 (1). 012040.
12. Optimal parameters of sunflower seeds complex pre-sowing treatment / M. P. Aksenov, N. Y. Petrov, G. N. Zvereva, A. I. Belyaev, A. M. Pugacheva // Journal of Physics: Conference Series. 2021. № 2060 (1). 012001.
13. Sunflower yields increase by pre-sowing seed treatment in the electric field / M. P. Aksenov, N. Y. Petrov, T. V. Daeva, A. I. Belyaev, A. M. Pugacheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 786 (1). 012001.

Информация об авторах

Аксенов Михаил Петрович, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-1619-655X>, телефон: +79173365353, e-mail: aksenovmp@mail.ru

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры "Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. e-mail: technolog_16@mail.ru

Лебедь Никита Игоревич, профессор кафедры " Электроснабжение и энергетические системы" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.), доктор технических наук. e-mail: nik8872@yandex.ru

Нехорошев Дмитрий Дмитриевич, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук, доцент. e-mail: ndd.volgau@yandex.ru

EVALUATION OF OBTAINING TOMATO SEEDS DEPENDING ON THE VARIETY

A.V. Gulin, O. P. Kigashpaeva, V. A. Machulkina, S.A. Volodina

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing –
the branch of the Federal State Budget Scientific Institution
«Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences»,
Astrakhan region*

Received 06.03.2022

Submitted 21.04.2022

Summary

Thus, for the effective development of the agro-industrial complex and the implementation of the import substitution program, when calculating the economic efficiency of growing tomatoes for seed purposes, it is necessary to take into account not only the cost of the seeds obtained, but also the cost of by-products, i.e. pulp and its sale to canning enterprises for use in the preparation of tomato juice and paste. In addition, these data are relevant when planning seed production by seed farms.

Abstract

Introduction. One of the important problems of agricultural development is the economic independence and food security of the country, its ability to meet the needs of the population for environmentally friendly safe food products, and agricultural producers - with high-quality seeds at the expense of domestic production. The ultimate goal of agricultural producers is to obtain a product with high profitability and low cost. Of great importance is the production of high-quality seeds and the sale of by-products in their production. Astrakhan region is a leading supplier of tomatoes in the south of Russia. But despite the development of the Agro-Industrial Complex, its economy still depends on imported seeds. Although it is known that Russian breeders are able to fully meet the needs of agricultural producers with high-quality domestic seeds. The purpose of our work was to study tomato varieties and determine the economic efficiency of obtaining seeds depending on the variety. **Objects.** The study included machine-type tomato varieties: Rychansky, Moryana, Trans-Novinka with plum-shaped or elongated plum-shaped fruits. The Novichok variety was used for control. **Materials and methods.** The experiments were laid at the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences», according to the generally accepted technology for the Astrakhan region in 2019-2021. **Results and conclusions.** As our research has shown, the economic efficiency of obtaining seeds was influenced by the yield of tomatoes from 1 ha, the percentage yield of seeds and by-products (pulp). For the production of seeds and pulp, the total costs, depending on the variety, ranged from 453090 to 497350 rubles, net income - from 814130 to 1120710 rubles, cash proceeds from seeds - from 915000 rubles. (Trans-Novinka variety) up to 1200000 rubles. (Novichok variety), and the proceeds from by-products ranged from 349160 to 374850 rubles. Thus, when growing tomatoes for seed purposes, it is necessary to take into account both the cost of the seeds obtained and the by-products, i.e. pulp and its sale to canning enterprises for use in the preparation of tomato juice and paste. These data will be relevant when planning seed production by seed farms.

Keywords: *economic efficiency, tomato, seed production, by-products, cost, net income, profitability.*

Citation. Gulin A.V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A., Volodina S.A. Evaluation of obtaining tomato seeds depending on the variety. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 96-101 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-11.

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 631.531.01:635.64

ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ТОМАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА

А. В. Гулин, кандидат сельскохозяйственных наук
О. П. Кигашпаева, кандидат сельскохозяйственных наук
В. А. Мачулкина, доктор сельскохозяйственных наук
С. А. Володина, аспирант

ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», г. Камызяк

Дата поступления в редакцию 06.03.2022

Дата принятия к печати 21.04.2022

Актуальность. Одной из важных проблем развития сельского хозяйства является экономическая независимость и продовольственная безопасность страны, её способность удовлетворять потребность населения в экологически чистых безопасных продуктах питания, а сельхозпроизводителей – качественными семенами за счет внутреннего производства. Конечной целью сельхозпроизводителей является получение продукта с высокой рентабельностью и низкой себестоимостью. Большое значение имеет получение высококачественных семян и реализация побочного сырья при их производстве. Астраханская область – ведущий поставщик томатов на юге России. Но, несмотря на развитие АПК, его экономика по-прежнему зависит от импортных семян, хотя известно, что российские селекционеры способны полностью удовлетворить потребность сельхозпроизводителей в высококачественных отечественных семенах. Целью нашей работы являлось изучение сортов томата и определение экономической эффективности получения семян в зависимости от сорта. **Объекты.** В изучении были сорта томата машинного типа: Рычанский, Моряна, Транс-Новинка с плодами сливовидной или удлинённо-сливовидной формы. В качестве контроля использовали сорт Новичок. **Материалы и методы.** Опыты закладывали на полевом участке ВНИИООБ – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» – по общепринятой технологии для Астраханской области в 2019-2021 гг. **Результаты и выводы.** Как показали проведенные нами исследования, на экономическую эффективность получения семян влияли урожайность томатов с 1 га, процентный выход семян и побочного сырья (пульпы). На производство семян и пульпы общие затраты составили в зависимости от сорта от 453 090 до 497 350 руб., чистый доход – от 814 130 до 1 120 710 руб., денежная выручка от семян – от 915 000 руб. (сорт Транс-Новинка) до 1200000 руб. (сорт Новичок), а выручка от побочного сырья варьировала от 349160 руб. до 374850 руб. Таким образом, при выращивании томатов на семенные цели необходимо учитывать стоимость как полученных семян, так и побочного сырья, т.е. пульпы и реализации её на консервные предприятия для использования в приготовлении томатного сока и пасты. Эти данные будут актуальны при планировании производства семян семеноводческими хозяйствами.

Ключевые слова: сорта томата, семена томата, себестоимость овощной продукции, экономическая эффективность овощеводства, рентабельность овощеводства.

Цитирование. Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А., Володина С. А. Оценка получения семян томатов в зависимости от сорта *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 96-101. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-11.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Аграрное производство в России, как и во всем мире, является жизнеобеспечивающей средой народнохозяйственного комплекса. Его состояние и экономическая эффективность оказывают большое влияние на уровень продовольственного обеспечения страны [6].

Известно, что по объёмам производства сельскохозяйственной продукции агропромышленный комплекс Астраханской области является одним из крупнейших [3, 11, 17]. В разработанном прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации, в том числе и Астраханской области, на период до 2030 года большое внимание уделяется развитию агропромышленного комплекса (АПК), который включает развитие овощеводства, и в частности выращивание томата ([www. ab – centre ru.](http://www.ab-centre.ru)) [4, 13, 14].

Климатические условия Нижнего Поволжья продлевают период производства томатов в закрытом и открытом грунтах. Но, к сожалению, в условиях производства эти возможности используются не в полной мере, и экономика АПК во многом зависит от импортных семян, хотя известно, что российские селекционеры способны обеспечить сельхозпроизводителей высококачественными отечественными семенами овощных и бахчевых культур [1, 2, 7-10]. Общеизвестно, что каждый сорт обладает специфическими биологическими особенностями, предназначен специально для определенной зоны, требует особой технологии возделывания и вызывает необходимость дополнительных мер по сохранению его чистосортности. Как указано в Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы, резервом для стабильного развития производства сельскохозяйственной продукции является получение семян высокого качества, что уменьшает дополнительные затраты на выращивание [5, 18]. При этом получение качественных семян представляет собой сложную совокупность процессов, которые даже при небольшой неточности приводят к снижению сортности и качества семян, и как следствие, снижается экономическая эффективность их реализации (Авдеев Ю. И., 2014). [16, 19]. Получение семян взаимосвязано с сортом, его урожайностью, принадлежностью к зоне выращивания (Русских В. Ф., 2013) [7, 8]. Изучение экономической эффективности по получению семян высшей категории является одной из актуальных задач в семеноводстве. При определении экономической эффективности, по мнению многих авторов, необходимо учитывать не только затраты труда и средств на производство продукции, но также и капиталовложения и затраты на перевозку как самих томатов, так и семян к местам потребления [12, 19]. В итоге экономическая эффективность получения семян – это уровень производительности труда при максимальном производстве семян с единицы одной тонны при минимальных затратах и средств на производство единицы продукции (Коринец, 2002) [15].

Получение семян высокого качества с минимальными затратами, низкой себестоимостью и высокой рентабельностью чрезвычайно актуально в современных условиях.

Целью работы было изучение сортов томата для определения экономической эффективности получения семян в зависимости от сорта.

Материалы и методы. Для изучения брали сорта томата машинного типа с плодами сливовидной или удлинённо-сливовидной формы селекции ВНИИООБ: Рычанский, Моряна, Транс–Новинка. За контроль был использован сорт Новичок. Опыты проводили в 2019-2021 годах на опытных полях ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПА-ФНЦ РАН». Технология выращивания томата – общепринятая для Астраханской области. Почва опытного участка – аллювиально-луговая, среднесуглинистая, средnezасоленная, залегание грунтовых вод – на глубине 120-200 см. Количество осадков за изучаемый период варьировало от 128 до 196 мм. Кроме того, Астраханская область — это зона рискованного земледелия с ветрами, достигающими 20 м/сек и более. Поэтому без орошения возделывание томатов невозможно (Доспехов Б. А., 1985).

Экономическую эффективность получения семян рассчитывали по выходу семян с одной тонны продукции в зависимости от сорта, сопоставляли урожайность с 1 га, выход семян и побочного сырья (пульпы) с одной тонны продукции и в дальнейшем пересчете на 1 га. Кроме того, учитывали затраты на подвоз продукции к месту переработки, выделение, промывку, сушку, упаковку сухих семян в тару, доставку к месту хранения, стоимость одного килограмма семян и побочного сырья.

Чистый доход определяли по формуле: $Ч = В - П$, где

Ч – чистый доход;

П – прямые затраты;

В – выручка.

Себестоимость: $C = \frac{З}{У}$, где

С – себестоимость, руб.

З – затраты на одну тонну продукции, руб.

У – урожай, т/га

Рентабельность: $P = \frac{Ч}{З} \cdot 100\%$, где

Р – рентабельность, %

Ч – чистый доход, руб.

З – затраты, руб.

Результаты и обсуждение. При определении экономической эффективности выращивания томатов на семена в зависимости от сорта было выявлено, что выход семян варьировал от 0,14 % до 0,20 % с одной тонны продукции. В пересчете на 1 гектар при урожайности от 58,0 т/га (Рычанский) до 63,0 т/га (Моряна) выход семян составил от 88,2 до 104,4 кг соответственно. В контроле (сорт Новичок), при урожайности 60 т/га и выходе семян 0,20 %, выход семян составил 120 кг/га, а у сорта Транс-Новинка выход семян занимал промежуточное положение и был в пределе 91,5 кг/га при урожайности 61 т/га. Масса плода в зависимости от сорта колеблется от 80 до 130 г (таблица 1).

Таблица 1 – Экономическая эффективность выращивания томатов на семена

Table 1 – Economic efficiency of growing tomatoes for seeds

Показатель / Indicator	Единицы измерения / Units of measurement	Сорт / Variety			
		Рычанский / Rychansky	Моряна / Moryana	Транс-Новинка/Trans-Novelty	Новичок (контроль)/ Novice (control)
Урожайность / crop capacity	т/га	58,0	63,0	61,0	60,0
Выход семян / Seed yield	%	0,18	0,14	0,15	0,20
Выход семян / Seed yield	кг/га	104,4	88,2	91,5	120,0
Выход пульпы / Pulp output	%	86,0	85,0	87,0	89,0
Выход пульпы / Pulp output	кг/га	49880	53550	53070	53400
Стоимость 1 кг семян / The cost of 1 kg of seeds	тыс.руб.	10	12	10	10
Стоимость 1 кг пульпы / The cost of 1 kg of pulp	руб.	7	7	7	7
Затраты на производство / production costs	руб.	486380	497350	472360	453090
Денежная выручка от семян / Cash proceeds from seeds	руб.	1044000	1058400	915000	1200000
Денежная выручка от пульпы / Cash proceeds from pulp	руб.	349160	374850	371490	373800
Общая сумма выручки / total revenue	руб.	1393160	1433250	1286490	1573800
Чистый доход / Net income	руб.	906780	935900	814130	1120710
Рентабельность семян / Profitability of seeds	%	186,4	188,1	172,3	247,3
Себестоимость 1кг продукции / Cost price 1kg of products	руб.	8,38	7,89	7,74	7,55

При переработке продукции, кроме получения семян, нами учитывался и выход побочного сырья (сок с мякотью) и реализуемого на консервный завод для производства томатного сока или томатной пасты. Количество его колебалось в пределах от 85 до 89 % в зависимости от сорта. На экономическую эффективность производства семян и пульпы влияли стоимость 1 кг продукции и произведенные затраты. По полученным нами данным, один килограмм семян стоит 10-12 тыс. рублей, а 1 кг пульпы (побочного сырья) при сдаче на консервный завод – 7 руб. /кг. Денежная выручка от реализации семян, согласно нашим расчетам, колеблется от 915 000 руб. до 1 200 000 руб., а стоимость пульпы – от 349 160 руб. до 374 850 руб. Общая выручка от всей продукции (семян и побочного сырья) составляла в зависимости от сорта от 1 286 490 до 1 573 800 руб. Затраты на производство продукции варьировали от 453 090 руб. до 497 350 руб. Чистый доход, по нашим подсчетам, может составить от 814 130 руб. (Транс-Новинка) до 1 120 710 руб. (Новичок). Сорта Рычанский и Моряна занимали промежуточное положение. Рентабельность варьировала от 172,3 % до 247,3 % . Себестоимость 1 кг продукции составляет от 7,55 до 8,38 руб. (таблица 1).

Выводы. Таким образом, для эффективного развития АПК и выполнения программы импортозамещения при расчете экономической эффективности выращивания томатов на семенные цели необходимо учитывать не только стоимость полученных семян, но и побочного сырья, т.е. пульпы и реализации её на консервные предприятия для использования в приготовлении томатного сока и пасты. Кроме того, эти данные актуальны при планировании производства семян семеноводческими хозяйствами.

Библиографический список

1. Биоэнергетическая оценка получения семян томата в зависимости от сорта / А. В. Гулин [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 4. С. 52–55.
2. Варфоломеева Н. И. Влияние препарата Атланте на формирование урожая и продуктивность томата в центральной зоне Краснодарского края // Аграрная Россия. 2021. № 3. С. 11-15.
3. Воданюк С. Н. Органические овощи – основа здоровья нации // Картофель и овощи. 2019. № 11. С. 2–5.
4. Герасименко Н. Ф., Поздняковский В. М., Челнокова Н. Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни // Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4. С. 52–57.
5. Калининская Е. А. Экономическая оценка использования инноваций в овощеводстве // Экономические науки. Нальчик, 2019. С. 161-164.
6. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю. Брендовые астраханские сорта томата // Проблемы развития АПК региона 2020. № 2 (42). С. 93-97.
7. Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Джабраилова В. Ю. Семенная продуктивность томата астраханкой селекции // Овощи России. 2021. № 6. С. 68–70.
8. Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Джабраилова В. Ю. Семенная продуктивность сортов томата астраханской селекции // Овощи России. 2021. № 6. С. 68-70.
9. Козлова И. В. ДНК-технологии в создании нового селекционного материала томата на основе стерильных форм с повышенной устойчивостью к вирусу табачной мозаики и толерантностью к фитофторозу для юга России // Аграрная Россия. 2022. № 3. С. 31-37.
10. Козлова И. В. Оценка сортов томата на пригодность их к переработке // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 36-40.
11. Лущик А. А. Оценка потребности в овощах в соответствии с рациональными нормами их потребления // Овощи России. 2019. № 2. С. 16–21.
12. Муканова А. Б. Кызанак жемістерінін еНіМіділігі мен сапасына е су реттегішін колдану әудісі мен түрінін әсері // Молодой ученый. 2022. № 10 (405). С. 210-212.
13. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (с изменениями на 8 февраля 2019 года): постановление Правительство Российской Федерации от 14 июля 2012 года № 717.

14. Прогноз научно-технического развития Российской Федерации на период до 2030 года / Приведение в соответствии с требованиями Федерального закона от 28 июня 2014 года № 172 ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», 2017.

15. Санникова Т. А., Мачулкина В. А., Павлов Л. В. Государственные и отраслевые стандарты на типовые технологические процессы производства и технические условия на овощебахчевую продукцию // Элементы технологии возделывания, хранение и переработка овощных и бахчевых культур: сб. науч. тр. Астрахань, 2018. С. 62-65.

16. Технологии выращивания органического томата (методические и практические рекомендации). Ставрополь, 2020. 21 с.

17. Транспортировка, тара и качество плодов томатов / В. А. Мачулкина [и др.] // Орошаемое земледелие. 2019. № 4. С. 63–66.

18. Шенделов Б. М. Экономическая эффективность производства и реализации овощей защищенного грунта // Вестник Белорусской ГСХА. 2017. № 6. С. 2-4.

19. Шибзухов З. С., Езиев М. И. Эффективная технология выращивания овощных культур // Сельскохозяйственные науки. 2017. С. 144-148.

Информация об авторах

Гулин Александр Владимирович, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИОБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) кандидат сельскохозяйственных наук ORCID 0000-0001-6000-5311 Vniob@mail.ru

Кигашпаева Ольга Петровна, старший научный сотрудник, заведующая отделом селекции и семеноводства ВНИОБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) кандидат сельскохозяйственных наук ORCID 0000-0003-4578-6177 Vniob@mail.ru

Мачулкина Вера Александровна, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИОБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) доктор сельскохозяйственных наук ORCID 0000-0002-9051-6371 Vniob@mail.ru

Володина Светлана Александровна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИОБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) аспирант ORCID 0000-0002-9208-1164 Vniob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-12

PROMISING TOMATO SALAD VARIETIES FOR THE SOUTH OF RUSSIA

O. P. Kigashpaeva, A. V. Gulin

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing –
the branch of the Federal State Budget Scientific Institution*

«Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

Received 10.03.2022

Submitted 21.04.2022

Summary

The breeders of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing have created delicatessen varieties and promising tomato breeding lines: red-fruited - New Prince, Bulldog and Avdeevsky; with crimson coloring - Crimson ball, Gigantella shtambovaya and Giant striped; with yellow coloring - Horse. Their value lies in high yields, marketability, the content of basic chemicals, 2-3 times increased cost and demand. Their fruits can be used for the production of dietary products and as a highly vitamin therapeutic agent. The introduction of the listed tomato varieties and breeding lines will contribute to ensuring import substitution and the security of the country.

Abstract

Introduction. The aim of the work was to create large-fruited tomato varieties of the delicacy direction, combining high yields. marketability, beautiful appearance and good taste, able to meet the needs of both the local sales market and the ability to supply high-quality competitive products to megacities. **Materials and methods.** Selection work was carried out at the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution

«Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences», located in Kamyzyak of the Astrakhan region in 2012-2021 with the use of selection of the initial donor material of collection and selection samples of tomatoes for valuable economic characteristics, including high taste qualities combining large size and different shape and color of the fruit, which were used in inter-sort hybridization and subsequent selections according to existing methods. **Results and conclusions.** New varieties and breeding lines have been created, the main feature of which is the strength of the fruit, combined in one genotype with the elasticity of the skin, an increase in the thickness of the walls of the fruit, its overall fleshiness and a reduction in the proportion of seed chambers. Three varieties with red fruits: New Prince, Bulldog and Avdeevsky; three with crimson coloring: Crimson ball, Gigantella shtambova and Giant striped; one with yellow color of the fruit - Horse, of wide interest. The average yield of these varieties ranges from 68,8 to 91,3 t/ha, marketability from 94.6 to 99.4%, average fruit weight from 170 to 280 g, dry matter content from 5.50 to 7.28%, sugars from 2.74 to 5.06%, carotene from 4.07 to 7.07mg%, ascorbic acid from 10.89 to 19.29 mg%, tasting score 4.6 - 5.0 points. All presented varieties belong to delicatessen tomatoes and are intended for the preparation of delicious, healthy, dietary salads, tomato products and canned food in the form of sliced or diced fruits. When sold in markets and supermarkets, large-fruited delicatessen varieties of tomatoes with fruits of red, raspberry and yellow color have a 2-3 times increased cost and demand compared to combine varieties. The novelty of the work consists in the creation of new delicious large-fruited tomato varieties with original coloring, delicate skin and high taste qualities.

Keywords: tomatoes, selection, signs, coloring, fruit weight, chemical content, selections, beef varieties.

Citation. Kigashpaeva O.P., Gulin A.V. Promising tomato salad varieties for the South of Russia *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 101-110 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-12.

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

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

УДК 635.64(470.44/47)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ САЛАТНЫЕ СОРТА ТОМАТА ДЛЯ ЮГА РОССИИ

О. П. Кигашпаева, кандидат сельскохозяйственных наук

А. В. Гулин, кандидат сельскохозяйственных наук

ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», г. Камызяк

Дата поступления в редакцию 10.03.2022

Дата принятия к печати 21.04.2022

Актуальность. Целью работы являлось создание крупноплодных сортов томата деликатесного направления, которые сочетают высокую урожайность, товарность, красивый внешний вид и хорошие вкусовые качества, а также способны удовлетворить потребности местного рынка сбыта и возможность поставки качественной конкурентоспособной продукции в мегаполисы. **Объектом** изучения были сорта и селекционные линии томата. **Материалы и методы.** Селекционные работы проводились во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенного в г. Камызяк Астраханской области, в 2012-2021 годах с применением отбора исходного донорского материала коллекционных и селекционных образцах томата на ценные хозяйственные признаки, в том числе высокие вкусовые качества, сочетающие крупный размер и различную форму и окраску плода, которые использовали в межсортовой гибридизации и последующих отборах по существующим методикам. **Результаты и выводы.** Созданы новые сорта и селекционные линии, основная особенность которых – прочность плодов, сочетающаяся в одном генотипе эластичность кожицы, увеличение толщины стенок плода, общую мясистость и сокращение доли семенных камер. Три сорта с плодами красной окраски: Новый принц, Бульдог и Авдеевский; три с малиновой окраской: Малиновый шар, Гигантелла штамбовая и Гигант полосатый; один с желтой окрас-

кой плода – Хорс, представляют широкий интерес. Средняя урожайность этих сортообразцов колеблется от 68,8 до 91,3 т/га, товарность – от 94,6 до 99,4 %, средняя масса плода – от 170 до 280 г, содержание сухого вещества – от 5,50 до 7,28 %, сахаров – от 2,74 до 5,06 %, каротина – от 4,07 до 7,07 мг%, аскорбиновой кислоты – от 10,89 до 19,29 мг%, дегустационная оценка – 4,6-5,0 балла. Все представленные сортообразцы относятся к деликатесным томатам и предназначены для приготовления вкусных, полезных, диетических салатов, томатопродуктов и консервов в виде нарезанных дольками или кубиками плодов. При реализации на рынках и в супермаркетах крупноплодные деликатесные сорта томата с плодами красной, малиновой и желтой окраски в 2-3 раза дороже и пользуются более высоким спросом по сравнению с комбайновыми сортами. Новизна работы состоит в создании новых деликатесных крупноплодных сортов томата с оригинальной окраской, нежной кожицей и высокими вкусовыми качествами.

Ключевые слова: томаты, селекция томата, окраска томата, масса плодов томата, содержание химических веществ, биф – сорта томата.

Цитирование. Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Перспективные салатные сорта томата для юга России *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 101-110. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Астраханская область является крупнейшим регионом по производству продукции овощеводства. Томат – одна из основных овощных культур не только в нашей стране, но и во всем мире. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (ФАО), он занимает в общей сложности около 4,5 млн гектаров. Объясняется это богатым содержанием в его плодах витаминов, таких как В1, В2, В3, В6, В9, Е, а также ферментов и других биологически активных веществ. Томаты характеризуются высокой пластичностью, урожайностью, хорошими вкусовыми качествами плодов. Свежие плоды томата, а также его продукты консервного производства (томат – паста, томат – пюре, соки, консервированные плоды и др.) обладают высокой питательной ценностью и обеспечивают организм человека различными витаминами и основными минеральными веществами. Согласно Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (Утверждено постановлением Правительства РФ от 25 августа 2017 года №296), обеспечение стабильности производства сельскохозяйственной продукции и снижение уровня импортозависимости возможно за счет использования новых отечественных сортов (<https://www.fao.org/home/en/>) [3, 4, 6-8, 12].

Все возделываемые сорта томата, как известно, относятся к культурному подвиду, который делится на три разновидности: обыкновенный, крупнолистный и штамбовый. Наибольшее количество сортов промышленного и любительского использования принадлежит к обыкновенному типу, подразделяются по направлениям использования: комбайновые или машинные, салатные и деликатесные (биф) томаты. Хотя комбайновые сорта, благодаря высокой прочности плодов, можно перевозить в зрелом состоянии и сохранять длительный срок, что способствует экономической выгоде их производства, вкусовые достоинства у них средние, им свойственно отсутствие сока в плодах в сравнении с салатными сортами. Исходя из практики производства томатов также известно, что многие салатные сорта с крупными округлыми плодами со средней массой 100-200 г достаточно плотные, прочные, гарантирующие высококачественный урожай, и использовать их можно как на приготовление салатов, изготовление консервов, томатного сока и пасты, так и для поставки в другие регионы страны в молочной, бурой и биологической степени спелости. У потребителя как на местных рынках, так и в крупных городах ценятся сорта деликатесного направления, с крупными, сочными, вкусными плодами (Бакулина В. А. 1982) [9, 13].

Селекционеры Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», проанализировав запросы производителей и потребителей плодов томата, расширили линейку ранее созданных крупноплодных салатных сортов новыми сортами и перспективными линиями. Основная их особенность – прочность плодов, которая обеспечивается сочетанием в одном генотипе эластичности кожицы, увеличением толщины стенок плода, общей его мясистости и сокращении доли семенных камер. В современном мире сорта с такими качествами получили название биф-сорта. от английского слова «биф», что в переводе означает мясо. Название говорит за себя – мякоть плодов этих помидоров мясистая, густая, с повышенным содержанием сахаров и высоким процентом сухого вещества. Обычно масса их больше 150 граммов, а некоторые экземпляры достигают 500-800 и более граммов. Отличие этих томатов от обычных можно увидеть, если разрезать плод такого сорта пополам в горизонтальной плоскости: у обычных помидоров всего две-три камеры с семенами, тогда как у биф – четыре и более. Сорта этой группы имеют большое разнообразие по форме и окраске плода. Известно, что привлекательный яркий красный вид плодам придает пигмент ликопин, являющийся сильным антиоксидантом. Согласно данным ряда исследований, для сортов с малиновой окраской плода характерно более высокое содержание не только ряда полезных пищевых компонентов, но и ликопина и витамина С, являющихся антиоксидантами, которые в жизнедеятельности человеческого организма играют важную лечебно-профилактическую роль. Они тормозят процессы окисления радикалов, снижают накопление в организме токсинов. Оранжевоплодные томаты, уступая малиновым и красным по содержанию ликопина, в то же время содержат больше каротина, который является провитамином А, очень важным для жизнедеятельности человека, особенно для поддержания хорошего зрения, профилактики его болезней и лечения. Эти сорта великолепны в свежем виде и салатах, из плодов можно готовить очень вкусные томатный сок, пасту, пюре и диетическую продукцию. Целью нашей селекционной работы являлось создание крупноплодных сортов томата деликатесного направления, которые сочетают высокую урожайность, товарность, красивый внешний вид и хорошие вкусовые качества, а также способны удовлетворить как потребность местного рынка сбыта, так и возможность поставки качественной конкурентоспособной продукции в мегаполисы (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур 1989) [1, 2, 5].

Материалы и методы. Исследования проводили во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в 2012-2021 годах. Работа по созданию новых сортов томата велась с применением отбора исходного донорского материала с учетом ценных хозяйственных признаков, в том числе таких как высокие вкусовые качества, различные размер, форма и окраска плода, которые использовали в межсортной гибридизации с целью передачи сортам отдельных или комплекса заданных признаков и последующих отборов растений и линий по принятым методикам. Материалом служили коллекционные и селекционные образцы томата (Шмаль В. В. 2005), (Даскалов Х. 1996), (Доспехов Б. А. 1985), (Литвинов С. С. 2011) [10, 11, 15, 17].

Технология выращивания рассады и агротехника открытого грунта – общепринятые для условий Астраханской области при искусственном орошении. Закладку опытов начинали с посева семян в третьей декаде марта – первой декаде апреля в теплицах с пленочным укрытием на солнечном обогреве. Посев проводили сухими семенами по схеме 0,05х0,03 м без пикировки. Почвосмесь состояла из 3 частей грунтовой земли, 1 части песка и 2 частей перегноя; уход: своевременные поливы, рыхление, прополка сорняков, подкормка минеральными удобрениями из расчета $N_{10}P_{15}K_{20}$ г на 10 литров воды.

На опытных полях высадка рассады в открытый грунт проводилась во II декаде мая по схеме 1,4 х 0,2 м. Почвы участка – аллювиально-луговые, среднесуглинистые, средnezасолённые со сравнительно однородным механическим составом: в слое 0,0-0,20 м содержалось от 1,7 до 4,0 % гумуса, от 80 до 140 мг/кг гидролизуемого азота, от 28 до 45 мг/кг подвижного фосфора и от 250 до 400 мг/кг обменного калия. Количество осадков за изучаемый период варьировало от 128 до 196 мм. Астраханская область – зона рискованного земледелия с сильными ветрами. Без орошения возделывание сельскохозяйственных культур практически невозможно. На опытных полях применяли полив капельным способом. Сроки и нормы полива в течение вегетации устанавливали 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 26 – 32 полива, 2 – 3 культивации междурядий, 2 – 3 ручные прополки, 1 – 2 обработки препаратом Кораген от хлопковой совки, подкормки минеральными удобрениями (Коринец В. В. 2003) [14, 16].

Результаты и обсуждение. Селекционерами отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ созданы новые сорта и перспективные линии томата салатного типа для открытого грунта. По своим характеристикам они соответствуют так называемым биф-сортам. Отличаются хорошими вкусовыми качествами, высокой урожайностью, красивым внешним видом. Три сорта с плодами красной окраски характеризуются как растения обыкновенного типа, детерминантные, на плодах нет зеленого пятна:

Новый принц – среднеспелый, 100-105 суток от массовых всходов до начала созревания. Высота растений – 0,55-0,70 м. Плоды округлой формы, красные, плотной консистенции, со средней массой 150-250 г. Товарные качества сохраняют долго, не трескаются. Сорт устойчив к вирусу табачной мозаики и вершинной гнили плодов, пригоден для транспортировки, хранения и любого вида консервной переработки. Дегустационная оценка свежих плодов 4,7 балла.

Бультдог – среднеспелый, 100-105 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения высотой 0,70-0,90 м, плоды красные, плотные, красивой округлой формы массой 220-300 г. Долго сохраняются на растениях и после уборки. Стабильно высокая урожайность и товарность. Рекомендуется для салатных целей и переработки на томатопродукты. Сорт устойчив к растрескиванию и грибным заболеваниям. Дегустационная оценка свежих плодов – 4,8 балла (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сорт томата Бультдог / Figure 1 – Tomato variety Bulldog

Авдеевский – среднеспелый, 105-110 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения высотой 0,75-0,90 м, плоды округло-овальной формы (напоминают страусиное яйцо), красные, плотные, массой 230-350 г, структура их состоит из мякоти с едва заметными камерами. Хорошо сохраняются на растениях и при хранении. Дегустационная оценка свежих плодов – 5,0 балла (рисунок 2).



Рисунок 2 – Сорт томата Авдеевский / Figure 2 – Avdeevsky tomato variety

Известно, что повышенным спросом у населения пользуются сорта с плодами малиновой и желтой окраски. И цена их, как правило, выше красноплодных. Особенно привлекательны малиновые с крупными плодами томаты; вкусовые качества малиновоплодных сортов практически всегда выше, чем у красноплодных. Селекционерами ВНИИООБ создана группа сортов и линий с малиновой окраской плодов.

Малиновый шар – среднеспелый, 105-110 суток от массовых всходов до начала созревания, растения обыкновенные, высотой 0,60-0,70 м, интенсивно-зеленой окраски. Ценится за сочетание высокой урожайности малиновой окраски круглых плодов с прочной кожицей средней массой 150-250 г, длительно сохраняющихся до и после уборки урожая, устойчивостью к растрескиванию. Дегустационная оценка свежих плодов – 5,0 балла (рисунок 3).



Рисунок 3 – Сорта томата Бульдог, Хорс, Малиновый шар (справа)

Figure 3 – Tomato varieties Bulldog, Khors, Raspberry ball (right)

Гигантелла штамбовая – среднепоздний, количество суток от массовых всходов до начала созревания – 115-120, характеризуется штамбовым типом куста высотой 0,80 м, картофельным листом. Плоды плоско-округлой формы, малиновой окраски, слегка фасцированные, с размытым зеленым пятном, плодоножка с разделительным слоем. Средняя масса – 170-270 г. Отличает их плотность кожицы, устойчивость к растрескиванию и длительная сохранность на растении. Дегустационная оценка свежих плодов – 4,6 балла (рисунок 4).



Рисунок 4 – Селекционная линия томата Гигантелла штамбовая

Figure 4 – Selection line of tomato Gigantella shtambovaya

Гигант полосатый – позднеспелый, количество суток от массовых всходов до начала созревания – 120-125. Отличается полуштамбовым типом растения высотой 0,70-0,80 м, с крупными, прочными, малотрескающимися плодами средней массой 170-250 г очень красивой малиновой окраски с золотисто-желтыми полосами по всей длине плода. Дегустационная оценка свежих плодов – 4,7 балла (рисунок 5).



Рисунок 5 – Селекционная линия томата Гигант полосатый

Figure 5 – Selection line of Giant striped tomato

Нами создан и проходит испытание в Госсорткомиссии РФ новый сорт томата, которому дали название **Хорс** по имени древнеславянского Бога Солнца. Среднеспелый, 110-115 суток от массовых всходов до начала созревания. Растения обыкновенного типа высо-

той 0,65-0,70 м, плоды красивые, прочные, округлой формы и яркой желтой окраски массой 160-200 г, без зеленого пятна у основания, с сочленением плодоножки, не трескаются. Ценность его в хорошей урожайности, дружном созревании и длительном хранении плодов. Дегустационная оценка свежих плодов – 4,6 балла (рисунок 6).



Рисунок 6 – Сорт томата Хорс / Figure 6 – Tomato Khorse variety

Томаты красноплодных сортов Новый принц, Бульдог и Авдеевский, а также с малиновыми плодами Малиновый шар потребителям достаточно хорошо известны, их семена пользуются спросом у фермеров и владельцев приусадебных и дачных участков, а также покупателей продукции на рынках. Сорт с желтыми плодами Хорс и перспективные селекционные линии Гигантella штамбовая и Гигант полосатый тоже характеризуются высокими хозяйственными и биохимическими показателями.

Из полученных результатов видно, что все представленные сортообразцы показали хорошую общую урожайность, а самая высокая была у сортов Бульдог и Авдеевский (91,3 и 88,5 т/га) и средняя масса плода этих сортов тоже выше других: сорт Авдеевский – 280 г, а сорт Бульдог – 220 г. Товарность всех образцов составляла от 94,6 % у сорта Малиновый шар до 99,4 % сорта Бульдог. Нестандартный урожай был отмечен за счет солнечных ожогов и, в небольшой степени, трещин. Показатели хозяйственных признаков пяти сортов и двух селекционных линий полностью соответствуют критериям, предъявляемым к биф-сортам томата. При определении содержания основных химических веществ в плодах представленных сортообразцов томата можно видеть, что сухого вещества в плодах содержалось от 5,56 % (Новый принц) до 7,28 % (Бульдог). Показатели суммы сахаров выше всех были у сортов Авдеевский (5,06 %) и Бульдог (4,39 %), аскорбиновой кислоты – Авдеевский (19,20 мг%) и Гигант полосатый (18,43 мг%), а каротина – больше всех содержалось в плодах нового сорта Хорс (7,07 мг%) и селекционной линии Гигант полосатый (6,66 мг%), что можно объяснить желтой окраской сорта Хорс и присутствию желтых полос в окраске поверхности плода Гиганта полосатого. У сорта Малиновый шар все показатели были средние. Исходя из представленных данных содержания основных биохимических показателей плодов полагаем, что плоды представленных сортов можно использовать в качестве высоковитаминного лечебного средства (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика хозяйственных и биохимических качеств образцов томата

Table 1 – Characteristics of economic and biochemical qualities of tomato samples

Название образца / Sample name	Общая урожайность, т/га / Total yield, t/ha	Товарность, % / Marketability, %	Средняя масса плода, г / Average weight of the fetus, g	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Сумма сахаров, % / Sum of sugars, %	Каротин, мг% / Carotene, mg%	Аскорбиновая кислота, мг% / Ascorbic acid, mg%	Кислотность, % / Acidity, %
Новый принц / The New Prince	72,3	96,3	200	5,56	3,31	4,12	10,89	0,43
Бульдог / Bulldog	91,3	99,4	220	7,28	4,39	4,28	12,69	0,52
Авдеевский / Avdeevsky	88,5	96,8	280	6,04	5,06	4,18	19,20	0,47
Малиновый шар / Crimson Ball	84,2	94,6	180	5,59	3,05	4,07	14,07	0,41
Гигантелла штамбовая / Gigantella shtambovaya	69,7	96,0	170	5,64	2,74	4,85	13,84	0,39
Гигант полосатый / Giant striped	73,3	97,7	205	5,72	2,98	6,66	18,43	0,47
Хорс / Khors	68,8	96,5	165	6,72	3,37	7,07	13,65	0,48
НСП _{0,5} / SSD 0.5	7,4	-	-	-	-	--		-

Плоды этих крупноплодных сортов в зрелом виде используются в салатных целях, а благодаря высокому содержанию сухих веществ – и для приготовления томатного сока и пасты. Из плодов, собранных в молочной и бурой фазе зрелости, можно готовить консервы в виде нарезанных дольками или кубиками.

Выводы. Таким образом, созданные селекционерами ВНИИООБ деликатесные сорта и перспективные селекционные линии томата, в том числе красноплодные Новый принц, Бульдог и Авдеевский, с малиновой окраской Малиновый шар, Гигантелла штамбовая и Гигант полосатый, а также с плодами желтой окраски Хорс представляют широкий интерес. Их ценность заключается в высокой урожайности, средней массе товарных плодов, содержании основных химических веществ. При реализации на рынках и в супермаркетах крупноплодных сортов томата с малиновой и желтой окраской плодов имеют в 2-3 раза повышенную стоимость. Все представленные сорта относятся к деликатесным томатам и предназначены в основном для приготовления вкусных полезных салатов, могут быть использованы для производства диетической продукции и в качестве высоковитаминного лечебного средства. Внедрение перечисленных выше сортов и селекционных линий томата будет способствовать обеспечению импортозамещения и безопасности страны.

Библиографический список

1. Авдеев Ю. И., Авдеев А. Ю., Кигашпаева О. П. Методические разработки, доноры и направления исследований в селекции овощных культур. Астрахань, 2014. 204 с.

2. Авдеев А. Ю., Кигашпаева О. П., Джабраилова В. Ю. Селекция томата для импортозамещения в аридной зоне юга России // Орошаемое земледелие. 2016. № 3. С. 9-10.
3. Варфоломеева Н. И. Влияние препарата Атланте на формирование урожая и продуктивность томата в центральной зоне Краснодарского края // Аграрная Россия. 2021. № 3. С. 11-15.
4. Гарьянова Е. Д., Байрамбеков Ш. Б., Кипаева Е. Г. Урожайность и качество отечественных сортов томата // Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. Астрахань, 2018. С. 52–55.
5. Гогаева В. Б., Тохтиева Л. Х. Использование растительного сырья при хранении томатов // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». Владикавказ, 2017. С. 71-74.
6. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю. Брендовые астраханские сорта томата // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 2 (42). С. 93-97.
7. Козлова И. В. ДНК-технологии в создании нового селекционного материала томата на основе стерильных форм с повышенной устойчивостью к вирусу табачной мозаики и толерантностью к фитофторозу для юга России // Аграрная Россия. 2022. № 3. С. 31-37.
8. Козлова И. В. Оценка сортов томата на пригодность их к переработке // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 36-40.
9. Кондратьева И. Ю., Голубкина Н. А. Соотношение каротиноидов в плодах разной окраски // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. Сочи, 2018. С. 193-195.
10. Редичкина Т. А. Создание и изучение крупноплодных гибридов томата со сливовидной ($i=1,20-1,30$) формой плода // Плодоводство и виноградарство юга России. 2016. № 38 (02). С. 171-181.
11. Соболева О. М., Сухих А. С. Томаты с антоциановой окраской плодов – перспективное направление в овощеводстве России // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (174). С. 12-20.
12. Тохтиева Л. Х. Использование экологически чистого сырья для повышения сохранности томатов // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Сапрыгина Георгия Петровича. 2017. С. 515-517.
13. Тохтиева Л. Х. Использование экологически чистого сырья для повышения сохранности плодов томата // Инновационные технологии в растениеводстве и экологии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения ученого микробиолога-агроэколога, заслуженного работника высшей школы России, заслуженного деятеля науки Северной Осетии, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Тимофеевича Фарниева. Владикавказ, 2017. С. 149-150.
14. Liu Y., Tikunov Y., Schoten R. E. Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanism in Solanaceous vegetables: a review // Front. Chem. 2018. Vol. 6. P. 52.
15. Mikaelyan H. A., Harutyunyan S. S. The comparative effectiveness of the application of mineral fertilizers and microbiological azoto-phosphate Barvar concentrate at vegetation experiment of tomato // Bulletin of national Agrarian university of Armenia. 2018. V. 21. P. 5-8.
16. Role of the tomato Non-ripening mutation in regulating fruit quality elucidated using iTRAQ protein profile analysis / X. Y. Yuan [et al.] // PLoS ONE. 2016. Vol. 11 (10).
17. Romashchenko M., Shatkowski A., Zhuravlev O. Features of application of the «Penman - Monteith» method for conditions of a drip irrigation of the Steppe of Ukraine (on example of grain com) // Journal of Water and Land.

Информация об авторах

Кигашпаева Ольга Петровна, старший научный сотрудник, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИООб - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) кандидат сельскохозяйственных наук ORCID 0000-0003-4578-6177 Vniioob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИООб - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) кандидат сельскохозяйственных наук ORCID 0000-0001-6000-5311 Vniioob@mail.ru

MANAGEMENT OF ENTOMOCOMPLEXES OF AGRICULTURAL CROPS UNDER IRRIGATION

E. V. Komarov, O. P. Komarova

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 13.03.2022

Submitted 26.04.2022

Summary

The article deals with the problems of management of entomocomplexes in irrigated agricultural landscapes of the Lower Volga region. The influence of irrigation and crop rotations with different saturation of perennial grasses on the number of entomofauna and the structure of entomocomplexes is shown. Data on the species composition of insects in irrigated and non-irrigated agroecosystems of the region are presented.

Abstract

Introduction. The increase in anthropogenic, including chemical loads on agricultural landscapes in recent years determines the need to search for controlling factors that allow to regulate the number of phytophages without the use or with minimal use of pesticides. Reducing the number of pests below the economic harmfulness thresholds can be achieved within the framework of ecological plant protection, the main principle of which is to contain the number of harmful organisms at the biocenotic level. At the same time, it is necessary to create polydominant entomological complexes in agroecosystems, which will reduce the influence of harmful organisms and strengthen the active role of beneficial entomofauna. **Object.** Entomocomplexes in irrigated crop rotations of the Lower Volga region with various saturation with perennial grasses. **The purpose** of the research is to find ways to manage the number of phytophages in irrigated agricultural landscapes using non-chemical methods of crop protection through increasing the diversity of biocenoses to increase the sustainability of irrigated agricultural landscapes. **Results and conclusions.** The influence of irrigation on the optimization of microclimatic parameters in agricultural crops is shown, which leads to an increase in biodiversity and the formation of polydominant entomological complexes, which makes it possible to increase the balance of the entomological component of the agroecosystem and its ability to self-regulate. Data on the number of insect species in agroecosystems and associated stations of agricultural landscapes of the Lower Volga region are given. During the research period (1987-2021), 1718 species of insects were identified in the region, including 1432 species in agroecosystems, 1582 - in the accompanying stations of the agricultural landscape (forest belts, edges of forest belts, roadsides, etc.). There are 982 species in agroecosystems without irrigation. It is established that scientifically based crop rotations are the leading organizational factor in managing the phytosanitary condition of crops. Their role in maintaining the stable state of entomological communities, reducing the number of pests below the economic thresholds of harmfulness is determined. It is shown that in irrigated crop rotations with the participation of perennial grasses, the number of beneficial insects increases by 2.5-2.7 times, while the ratio of the number of entomophages, parasitic insects and phytophages creates conditions for self-regulation of entomocenoses of field crops, which reduces the pesticide load in agroecosystems by 30-40%.

Key words: *management, entomocomplexes, agricultural crops, irrigation, agrolandscapes.*

Citation. Komarov E. V., Komarova O. P. Management of entomocomplexes of agricultural crops under irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 111-118 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-13.

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

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

УДК 574.472:574.474:631.67

**УПРАВЛЕНИЕ ЭНТОМОКОМПЛЕКСАМИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ОРОШЕНИИ****Е. В. Комаров**, кандидат биологических наук
О. П. Комарова, кандидат сельскохозяйственных наук*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 13.03.2022

Дата принятия к печати 26.04.2022

Актуальность. Возрастание антропогенных, в том числе химических нагрузок на агроландшафты в последние годы предопределяет необходимость поиска управляющих факторов, позволяющих регулировать численность фитофагов без применения или с минимальным применением пестицидов. Снижение численности вредителей ниже экономических порогов вредоносности может быть достигнуто в рамках экологической защиты растений, основным принципом которой является сдерживание численности вредных организмов на биоценотическом уровне. При этом необходимо создание в агроэкосистемах полидоминантных энтомологических комплексов, что позволит обеспечить снижение влияния вредных организмов и усиление активной роли полезной энтомофауны. **Объект.** Энтомокомплексы в орошаемых севооборотах Нижнего Поволжья с различным насыщением многолетними травами. **Цель** исследований заключается в поиске путей управления численностью фитофагов в орошаемых агроландшафтах с использованием нехимических способов защиты посевов через повышение разнообразия биоценозов для повышения устойчивости орошаемых агроландшафтов. **Результаты и выводы.** Показано влияние орошения на оптимизацию микроклиматических параметров в посевах сельскохозяйственных культур, что ведет к повышению биоразнообразия и формированию полидоминантных энтомологических комплексов, что позволяет повысить сбалансированность энтомологического компонента агроэкосистемы и его способность к саморегуляции. Приводятся данные по количеству видов насекомых в агроценозах и сопутствующих стациях агроландшафтов Нижнего Поволжья. За период исследований (1987-2021 гг.) в регионе выявлено 1718 видов насекомых, в числе которых в агроценозах отмечено 1432 вида, 1582 – в сопутствующих стациях агроландшафта (лесополосы, опушки лесополос, обочины дорог и др.). В агроценозах без орошения насчитывается 982 вида. Установлено, что научно обоснованные севообороты являются ведущим организационным фактором управления фитосанитарным состоянием посевов. Определена их роль в поддержании устойчивого состояния энтомологических сообществ, снижении численности вредителей ниже экономических порогов вредоносности. Показано, что в орошаемых севооборотах с участием многолетних трав численность полезных насекомых возрастает в 2,5-2,7 раза, при этом соотношение численности энтомофагов, паразитических насекомых и фитофагов создает условия для саморегулирования энтомоценозов полевых культур, что позволяет снизить пестицидную нагрузку в агроценозах на 30-40 %.

Ключевые слова: управление энтомокомплексами, орошение сельскохозяйственных культур, агроландшафты.

Цитирование. Комаров Е. В., Комарова О. П. Управление энтомокомплексами сельскохозяйственных культур при орошении. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 111-118. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-13.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время антропогенное воздействие на природу чрезвычайно велико. Ежечасно в биосферу выбрасывается огромное количество самых различных отходов промышленности, транспорта, постоянно идет мощнейшее излучение различных электромагнитных волн при передаче электроэнергии, радио и телесигналов.

Кроме этого, сельскохозяйственное производство использует тысячи и тысячи тонн удобрений, пестицидов, а также многие биологически активные вещества, которые загрязняют агробиоценозы и ведут к серьезным негативным последствиям [1]. Насекомые, фитопатогены и сорные растения, против которых применяются пестициды, приобретают устойчивость, гибнут полезная энтомофауна, животные, рыбы.

В связи с вышеизложенным при формировании стратегии и тактики защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков, потери от которых достигают 20-35 % [10, 13, 17], а на отдельных культурах – до 60 % [21], необходим поиск путей снижения антропогенного воздействия на агроландшафты [7, 8].

Вопрос подавления численности и вредоносности фитофагов решается в рамках экологической защиты растений, в которой основным принципом является сдерживание численности на биоценотическом уровне. Основой экологической защиты служит создание в агроэкосистемах таких условий, при которых будет обеспечено снижение влияния вредных организмов и усиление активной роли полезной энтомофауны.

Решение вопросов защиты растений без нанесения ущерба окружающей среде наиболее значимо в орошаемых агроценозах. Это связано не только с ростом урожайности сельскохозяйственных культур при орошении в 2-4 раза за счет оптимизации факторов жизни растений, таких как водный и пищевой режимы почвы, но и за счет улучшения условий жизнедеятельности энтомофауны, в том числе повышения вредоносности фитофагов [5, 14].

Материалы и методы. Изучение насекомых в агроценозах полевых культур и поиск путей управления вредной и полезной энтомофауной проводили в 1987-2021 гг. в орошаемых и неорошаемых агроландшафтах в ФГБУ «Опытная станция «Орошаемая» в 24 км западнее г. Волгограда. Учеты энтомофауны проводили с использованием метода кошения стандартным энтомологическим сачком, численность насекомых в учетах выражали в количестве экземпляров на 100 взмахов сачком; для учетов герпетобионтов использовали почвенные ловушки – пластиковые стаканы объемом 0,5 л, заполненные 3%-ным раствором уксусной кислоты, численность фауны герпетобия приводили к количеству экземпляров на 10 ловушко-суток [12, 20]. Учеты проводили 1 раз в 7-10 дней в течение вегетации, с апреля по октябрь. В наших исследованиях мы проводили сравнение динамики численности фитофагов, энтомофагов и паразитических насекомых в фитоярусе и напочвенном ярусе в севооборотах с многолетними травами (43 %) и в севооборотах без участия многолетних трав. Также нами рассматривалась сравнительная динамика численности герпетобионтов в орошаемых и неорошаемых агроценозах.

Результаты и обсуждение. Проблема формирования устойчивых энтомологических сообществ в агроландшафтах достаточно широко обсуждается в мировой научной литературе [4, 9, 11]. В условиях юга России, отличающихся резкой континентальностью с высокой амплитудой колебаний температуры и недостаточным количеством осадков, что, в свою очередь, приводит к изменениям доступности пищевых ресурсов для фитофагов, значительны колебания численности энтомофауны и высока вероятность вспышек вредителей [5].

Известно, что одним из основных критериев устойчивости биоценозов является биологическое разнообразие видов, входящих в агроэкосистему [2, 4, 18]. Следует также отметить, что количественные показатели устойчивости экосистем до настоящего времени не выработаны. В связи с этим стабильность экосистем сравнивалась нами в орошаемых и неорошаемых агроландшафтах по физиономическим характеристикам: видовому составу, обилию видов, а также по колебаниям их численности.

В аридных условиях Нижнего Поволжья на стабилизацию функционирования агроландшафтов в значительной степени оказывает влияние орошение. Наряду с созданием благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур,

орошение ведет к повышению видового разнообразия биоты. Причиной этого в первую очередь является оптимизация микроклиматических параметров на почве и внутри травостоя. Результаты наших исследований показывают, что после полива дождеванием в течение 3-4 дней температуры воздуха снижаются на 7-8 °С. При этом относительная влажность воздуха возрастает на 25-30 % на высоте до 1 м над орошаемыми посевами.

Более благоприятные в аридной зоне микроклиматические условия при орошении приводят к расширению экологических групп насекомых по отношению к водному режиму, в орошаемых условиях обитают как типичные ксерофилы, так и мезо- и гигрофилы. Связано это в том числе с созданием новых микростаций при поливах (каналов, водосборов, прудов-накопителей и т.д.), что ведет к расширению пространственного разнообразия среды. Такое усложнение структуры агроландшафта стабилизирует его устойчивость, позволяет повысить сопротивляемость внешним воздействиям, то есть формирование новых стаций в орошаемых условиях повышает разнообразие микроклиматических условий среды обитания энтомофауны. Сдвиг микроклиматических параметров в сторону повышения влажности и снижения температуры воздуха и почвы приводит к увеличению экологических ниш для полезных видов, предпочитающих в большинстве своем биотопы с более мезофитными и гигрофитными условиями. Все эти факторы ведут к повышению биоразнообразия сообществ энтомофауны в агроландшафтах с орошением.

Многолетними исследованиями Всероссийского НИИ орошаемого земледелия получены данные, показывающие возрастание сбалансированности энтомологического компонента агроэкосистемы, повышение его способности к саморегуляции в условиях орошения, что связано с увеличением разнообразия входящих в его состав элементов и формированием полидоминантной структуры сообществ в отличие от олиго- и монодоминантных сообществ неорошаемых агроценозов. Согласно нашим исследованиям, суммарное биоразнообразие зоокомпонента экосистем формируется в основном за счет беспозвоночных, в частности, насекомых. Они преобладают как по видовому составу, так и по численному обилию (около 80-85 % от общего количества животного населения).

В результате наших исследований установлено, что в орошаемых условиях повышается биоразнообразие энтомокомплексов, формируются в основном полидоминантные энтомоценозы и изменяется их трофическая структура. За период исследований (1987-2021 гг.) в Нижнем Поволжье (Саратовская, Волгоградская и Астраханская области и Республика Калмыкия) в мелиорированных ландшафтах нами выявлено 1718 видов насекомых, в числе которых в агроценозах отмечено 1432 вида, 1582 вида обитают в сопутствующих стациях агроландшафта (лесополосы, опушки лесополос, обочины дорог и др.). В агроценозах без орошения насчитывается только 982 вида.

Наряду с биологическим разнообразием на устойчивость биоценоза в значительной степени влияет структурная организация энтомологических сообществ, при этом важно выделить обилие доминантных видов, численность которых составляет более 5 % от общей численности. В научной литературе указано, что стабильность энтомокомплексов значительно возрастает при переходе от моно- к полидоминантности агроэкосистем [16, 18, 19]. Согласно данным наших учетов, к наиболее полидоминантным сообществам относятся энтомокомплексы, формирующиеся в посевах многолетних бобовых и злаковых трав и их смесей при орошении, где в их состав включено до 76 видов-доминантов. В энтомологических сообществах на посевах трав без орошения количество доминирующих видов снижается до 45, что характеризует неорошаемые энтомокомплексы как менее лабильные. Наименее устойчивые комплексы сформированы на кукурузе, где нами указано 27 видов-доминантов в условиях орошения и 14 – в агроценозах без поливов.

В организации экологической защиты растений ведущим организационным фактором управления фитосанитарным состоянием посевов считаются научно обоснованные севообороты. Нами определено их влияние на численность фитофагов, установле-

на роль севооборотов с различным насыщением многолетними травами в поддержании устойчивого состояния энтомологических сообществ, что позволяет поддерживать численность вредителей ниже экономических порогов вредоносности.

Нами установлено, что для стабилизации энтомологических сообществ, оптимизации соотношения численности полезных и вредных видов насекомых в структуре севооборота необходимо наличие многолетних трав, доля их должна быть не менее 20-60 %. На посевах многолетних трав и их смесей за счет уменьшения антропогенных воздействий (сокращение количества обработок почвы, многолетний жизненный цикл развития растений) поддерживаются оптимальные параметры для жизнедеятельности энтомофагов и паразитов по сравнению с агроценозами пропашных культур. Многолетние травы являются источниками миграции энтомофагов и паразитических насекомых на пропашные культуры, в связи с чем в севообороте травы должны располагаться недалеко от участков с максимальной антропогенной нагрузкой. Сравнительные данные по учетам динамики численности фито- и энтомофагов на полях севооборота с участием многолетних трав (43 %) и в севообороте только с пропашными культурами представлены на рисунках 1 и 2. Результаты сравнительного изучения динамики численности фитофагов и энтомофагов фито- и напочвенного яруса за 1987-2021 гг. в севооборотах с многолетними травами и без них показывают увеличение численности полезной энтомофауны в 2,5-2,7 раза в севооборотах с участием многолетних трав.

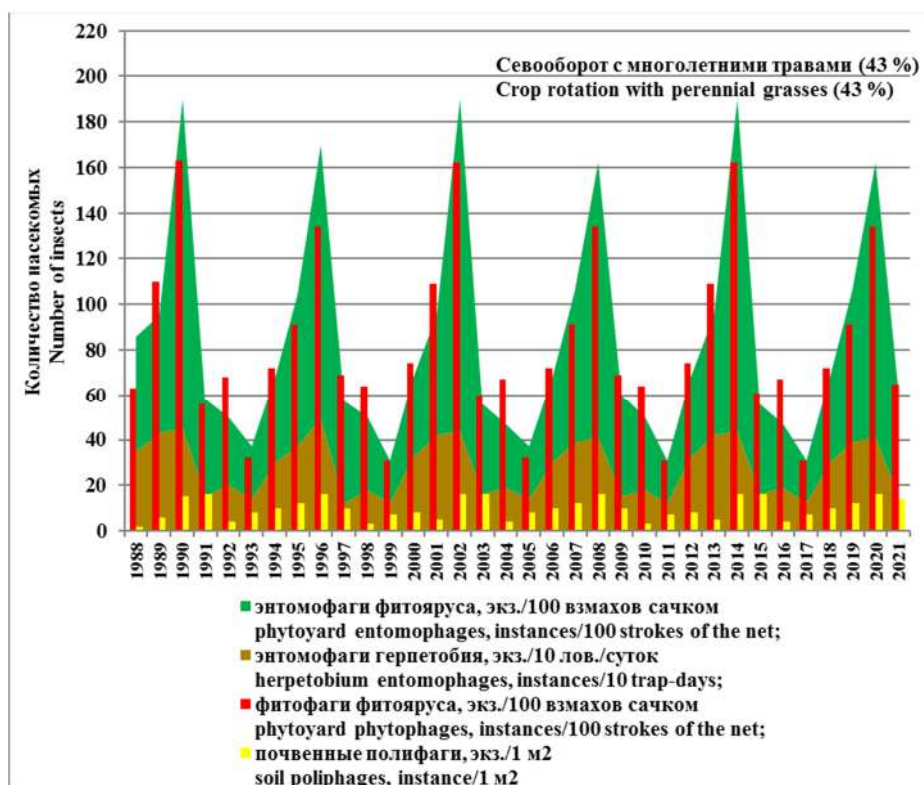


Рисунок 1 – Динамика численности фитофагов и энтомофагов в полевых севооборотах с участием многолетних трав при орошении (ФГБУ «Опытная станция «Орошаемая», 1987-2021 гг.)

Figure 1 – Dynamics of the number of phytophages and entomophages in field crop rotations with the participation of perennial grasses under irrigation (FSBI "Oroshayemaya", Volgograd, 1987-2021).

В севооборотах с участием многолетних трав нашими предыдущими исследованиями установлено соотношение численности энтомофагов, паразитических насекомых и фитофагов: 1 : 4,7 – 1 : 6,7, при таком соотношении численности возможно саморегулирование энтомоценозов полевых культур [3].

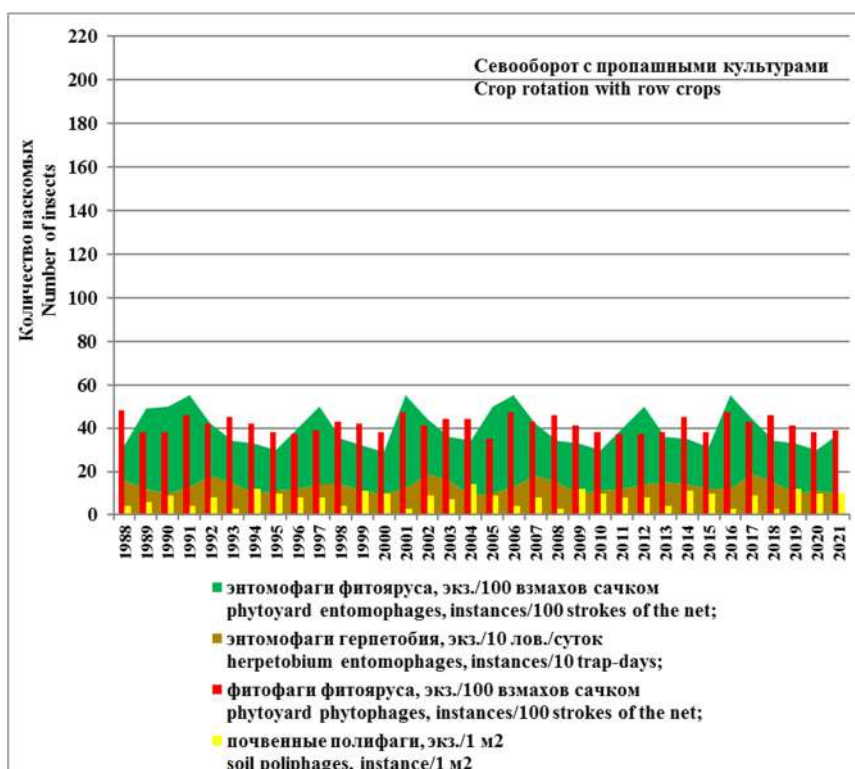


Рисунок 2 – Динамика численности фитофагов и энтомофагов в полевых севооборотах с пропашными культурами при орошении (ФГБУ «Опытная станция «Орошаемая», 1987-2021 гг.)

Figure 2 – Dynamics of the number of phytophages and entomophages in field crop rotations with row crops under irrigation (FSBI "Oroshayemaya", Volgograd, 1987-2021)

Орошаемые участки также в большей степени привлекают энтомофагов, заметно снижающих численность вредителей [18]. Расширение экологических условий местообитания насекомых в орошаемых агроландшафтах приводит к росту численности полезной энтомофауны, в том числе активных хищников из семейства жужелиц (Coleoptera: Carabidae), обитающих в напочвенном ярусе агроценозов всех полевых культур (рисунок 3).

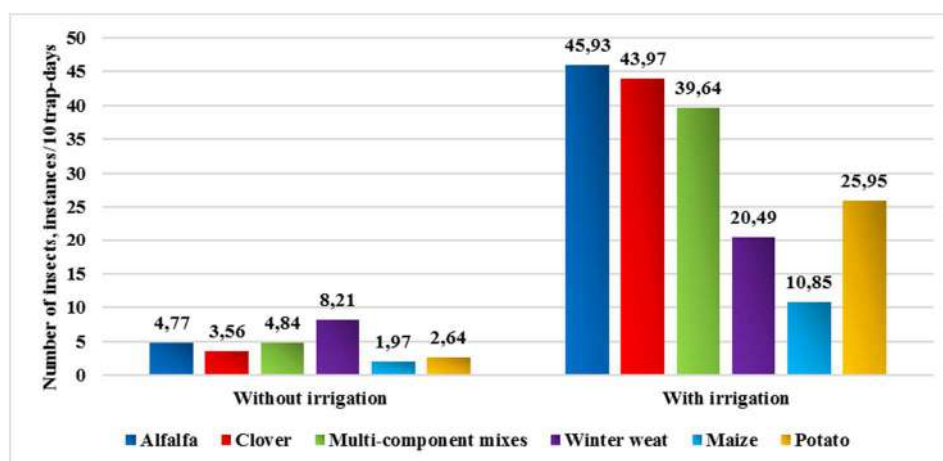


Рисунок 3 – Влияние орошения на численность жужелиц (Coleoptera, Carabidae) на основных сельскохозяйственных культурах (ФГБУ «Опытная станция «Орошаемая», 1987-2021 гг.)

Figure 3 – Irrigation influence on the number of ground beetles on major agricultural crops planting (FSBI "Oroshayemaya", Volgograd, 1987-2021)

Жужелицы (Coleoptera: Carabidae), согласно данным наших исследований, преобладали в сборах с использованием почвенных ловушек (до 82,1-85,02 % фауны герпетобия). Результаты наших исследований показывают увеличение численности представителей этого семейства на орошаемых посевах основных сельскохозяйственных культур в 2,5-12,4 раз в сравнении с неорошаемыми агроценозами. Установлено, что возрастание численности жужелиц в агроценозах с орошением происходит за счет увеличения обилия видов, имеющих смешанный тип питания, в первую очередь к таким видам относятся *Poecilus cupreus* L., *P. nitens* Chaud., *Pseudoophonus rufipes* De Geer, *Clivina fossor* L., *Bembidion properans* Steph., *Harpalus distinguendus* Duftschmid. Эти виды, по данным многих авторов, активно хищничают, значительно снижая численность фитофагов в посевах полевых культур [6, 14, 15].

Выводы. В результате многолетних энтомологических исследований получены данные, показывающие возрастание сбалансированности энтомокомплексов в агроэкосистемах, повышение их способности к саморегуляции в условиях орошения. Это связано с увеличением разнообразия входящих в состав энтомокомплексов элементов и формированием полидоминантной структуры сообществ в отличие от олиго- и монодоминантных сообществ неорошаемых агроценозов.

Устойчивость и стабильность энтомологического компонента биоты в орошаемых агроландшафтах обуславливается в первую очередь формированием полидоминантных энтомокомплексов, обладающих значительным биоразнообразием, а также за счет оптимизации трофической структуры сообществ. Установлено, что при орошении формируются энтомокомплексы с более благоприятным соотношением между энтомофагами и фитофагами. При этом в условиях орошения создаются реальные условия для сохранения урожая и снижения применения пестицидов в агроценозах на 30-40 %.

Библиографический список

1. Берназ Н. И., Разин А. Ф., Разин О. А. Теория и практика защиты овощных культур от сорных растений // Аграрная Россия. 2021. № 3. С. 16-20.
2. Долженко В. И. Защита растений: настоящее и будущее // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 24-26.
3. Карпова Т. Л., Комарова О. П. Особенности формирования энтомокомплексов в орошаемых севооборотах Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 152-157.
4. Коваленков В. Г. Научный и практический опыт построения биоценотического контроля фитосанитарного состояния агроэкосистем // Агрохимия. 2019. № 6. С. 50-63.
5. Мелихов В. В., Комаров Е. В., Комарова О. П. Орошение – основа повышения стабильности энтомоценозов в аридных условиях юго-востока России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 34-39.
6. Сердюк В. Ю., Замотайлов А. С., Бондаренко А. С. Агробιοлогические особенности и хозяйственное значение некоторых видов полевых жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроценозах Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 75. С. 90-96.
7. Терлецкий В. П. Применение молекулярно-генетических методов в паспортизации полезных бактерий для защиты растений // Аграрная Россия. 2018. № 11. С. 31-35.
8. Шабатуков А. Х., Хромова Л. М. Изучение фитопатоксического комплекса на посевах кукурузы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Аграрная Россия. 2021. № 9. С. 14-17.
9. Экологические аспекты формирования систем земледелия и защиты растений / И. В. Дудкин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 7. С. 2-7.
10. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems / M. A. Altieri [et al.] // Agronomy for Sustainable Development. 2015. Vol. 35. I. 3. P. 869-890.
11. Douglas A. E. Strategies for Enhanced Crop Resistance to Insect Pests // Annual Review of Plant Biology. 2018. Vol. 69. P. 637-660.

12. Gonzalez E., Salvo A., Valladares G. Insects moving through forest-crop edges: a comparison among sampling methods // *Journal of Insect Conservation*. 2020. Vol. 24. I. 2. P. 249-258.
13. Insect pest management in the age of synthetic biology / M. R. Fernandez [et al.] // *Plant Biotechnology Journal*. 2022. Vol. 20. I. 1. P. 25-36.
14. Labruyere S., Petit S., Ricci B. Annual variation of oilseed rape habitat quality and role of grassy field margins for seed eating carabids in arable mosaics // *Agricultural and Forest Entomology*. 2018. Vol. 20. I. 2. P. 234-245.
15. Mailafiya D. M. Agrobiodiversity for Biological Pest Control in Sub-Saharan // *sustainable Agriculture Reviews*. 2015. Vol 18. P. 107-143.
16. Poltavsky A. N., Artokhin K. S., Poltavsky M. A. The Pyraloidea (Lepidoptera) of the Rostov-On-Don Province of Russia, I. Family Crambidae (excluding subfamilies Crambinae, Heliothelinae, Cybalomiinae) // *Entomologist's Gazette*. 2015. Vol. 66. No 2. P. 99-119.
17. Primary and Secondary Yield Losses Caused by Pests and Diseases: Assessment and Modeling in Coffee / R. Cerda [et al.] // *Plos One*. 2017. Vol. 12. I. 1.
18. Quantification of the Indirect Use Value of Functional Group Diversity Based on the Ecological Role of Species in the Ecosystem / S. Daniels [et al.] // *Ecological Economics*. 2018. Vol. 153. P. 181-194.
19. Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies / J. M. Holland [et al.] // *Pest management science*. 2016. Vol. 72. I. 9. P. 1638-1651.
20. The influence of ecological infrastructures adjacent to crops on their carabid assemblages in intensive agroecosystems / E. Pecheur [et al.] // *PEERJ*. 2020. Vol. 8. Article number e8094.
21. *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Success on Common Solanaceous Species from California Tomato Production Areas / J. Arnó [et al.] // *Environmental Entomology*. 2019. Vol. 48. I. 6. P. 1394-14002.

Информация об авторах

Комаров Евгений Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-7923>, e-mail: evkomarov@rambler.ru, тел. +79272511375

Комарова Ольга Петровна, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9129-6932>, e-mail: komarova62@rambler.ru, тел. +79047729774

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-14

BREEDING IMPROVEMENT OF SOYBEAN VARIETIES FOR SHORT STEMS

T. S. Koshkarova¹, V. V. Tolokonnikov², L. V. Vronskaya²

¹ *Federal State Budget Scientific Institution «Federal scientific center - «All-Russian research Institute of oilseeds named after V. S. Pustovoit», Krasnodar*

² *Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd*

Received 14.03.2022

Submitted 23.05.2022

Abstract

Introduction. Domestic co-production, located in more Northern latitudes and arid climatic conditions, especially needs to rationalize the introduction of strictly adapted to a specific area of varieties with different maturation periods and improve methods of their seed production. In agricultural production, it is important to use the most responsive soybean varieties to improve methods for increasing the yield and seeding quality of seeds, including the treatment of seeds with biorational means and the selection of a large fraction of seeds from the total grain hopper mass. **Object.** The object of study is

soybean variety selection of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture» and methods of seed production. **Materials and methods.** It is proved that the use of biorational means increases the yield of varieties Volgogradka 2 (precocious) and «VNIIOZ 86» (ultra-precocious) by 11.6-29.1% compared to the yield of these varieties obtained without their use. This technique also increases the energy of germination of seeds of these varieties by 7.6-14.8% and their reproduction coefficient by 15.6-29.1% relative to the values of these indicators for seeds grown without pre-sowing treatment with biostimulators. **Results and conclusions.** Varieties with longer maturation periods – «VNIIOZ 76» and Volgogradka 1-are less susceptible to pre-sowing seed treatment with biorational means: the energy of germination of their seeds increases significantly less-by 7.2 - 11.9%, and the Volgogradka 1 variety, in addition, is characterized by the smallest increase in the seed propagation coefficient-by 11.4-18.9% relative to the values of these indicators for seeds obtained without using this technique. It was found that the calibration of seeds contributes to the growth of yield only of the ultra-ripe variety «VNIIOZ 86» and increases the seeding quality of its seeds. Other varieties under study are poorly responsive to this agricultural approach, which is important to consider when preparing seeds for sowing. The most significant effect for all classes gives the joint application of presowing treatment of seeds rizotorfina nikiana and.

Key words: soybean, cultivar, VNIIOZ 31, Volgogradka 2, selection, selection, hybridization, irrigation, yield, short-stemmed.

Citation. Koshkarova T.S., Tolokonnikov V.V., Vronskaya L.V. Breeding improvement of soybean varieties for short stems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 118-126 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-14.

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

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

УДК 631.52

СЕЛЕКЦИОННОЕ УЛУЧШЕНИЕ СОРТОВ СОИ НА КОРОТКОСТЕБЕЛЬНОСТЬ

Т. С. Кошкарлова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В. В. Толоконников², доктор сельскохозяйственных наук

Л. В. Вронская², младший научный сотрудник

¹ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта», г. Краснодар, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 14.03.2022

Дата принятия к печати 23.05.2022

Актуальность. Усиление аридизации климата существенно увеличивает риски агропроизводства ценнейшей сельскохозяйственной культуры сои. Отечественное соепроизводство значительно более, чем в южных странах, основных лидеров производства сои, является природно-зависимым, поэтому для достижения урожайности российской сои до среднемирового уровня – 2,8 т/га, важно интенсифицировать её производство на орошаемых землях. Специфика биологических особенностей этой культуры – формировать избыточную биомассу, усиливающую взаимную конкуренцию растений, – требует особого подхода к селекционному улучшению её орошаемых посевов, тем более в условиях ужесточения засушливых явлений. **Объект.** Объектом исследования являются сорта сои селекции ФГБНУ ВНИИОЗ. Цель исследований – выведение короткостебельных сортов сои, хорошо отзывчивых на орошение и пригодных для высокорентабельного возделывания в основных зонах отечественного соепроизводства. **Материалы и методы.** Исследования проводили в период 4-го (2001-2010 гг.) и 5-го этапов селекции (2011-2020 гг.) – не-ГМО методами селекции – гибридизацией и отбором на основе ис-

пользования рабочей коллекции ФГБНУ ВНИИОЗ, включающую 300 сортолиний различного эколого-географического происхождения, в том числе собственной селекции. Тестирование популяционных агрофитоценозов по высоко-наследуемым хозяйственно-ценным признакам (высота растений, масса 1000 зерен, длина междоузлий) при ориентации отбора на растения с короткими междоузлиями (0,04 м) по сравнению с высокостебельными сортами, такими как Волгоградка 1 и ВНИИОЗ 76 (0,06–0,07 м), привело к получению спектра короткостебельных линий. Одна из них под номером 31 послужила основой для выведения сорта ВНИИОЗ 31. Для него характерно формирование более высокой урожайности – 3,01 т/га зерна, чем у стандарта Волгоградка 1 – 2,73 т/га, короткостебельных растений (0,68 м), уменьшенной доли зерна в приземной (0,15 м) зоне стеблестоя – 7,3 % от биологического урожая, крупных семян (174,6 г/1000 зерен), высокой доли зерна в общей биомассе (45 %) и сбора сырого протеина и жира в урожае (1,45 т/га). Сорт ВНИИОЗ 31 внесён в Госсортреестр с 2011 года по Нижневолжскому региону и защищён патентом РФ №6209 от 24.11.2011 г. **Результаты и выводы.** Предшествующее десятилетие ознаменовалось резким увеличением площади посева отечественной сои – с 1,2 до 3 млн га. Однако значительное ужесточение аридизации климата с возрастанием засушливых дней с относительной влажностью воздуха менее 30 % на 63,8 % по сравнению со среднемноголетним показателем (47 дней) потребовало нового подхода к конструированию сортов этой культуры Нижневолжского агроэкоотипа. На основе сорта ВНИИОЗ 31 был создан гибридный материал, при многолетней селекционной проработке которого выделен ряд морфобиотипов с детерминантным типом роста. Линия под номером 2 прошла комплексное тестирование в питомниках сортоиспытания и стала родоначальной сорту Волгоградка 2. Сорт по сравнению со стандартом ВНИИОЗ 76 выделяется получением высокого уровня урожайности – 3,15 т/га, скороспелостью – 109 дней, среднерослостью растений – 0,76 м, низкой долей зерна в приземной (0,15 м) зоне – 7,1 %, крупностью семян – 173,4 г/1000 зерен, высокой долей зерна в общей биомассе – 34,5 %, повышенным содержанием высокого протеина – 38,9 %, его валовым выходом в урожае – 1,05 т/га и в сумме с жиром – 1,56 т/га. Новый сорт внесен в Госсортреестр по Нижневолжскому региону и защищён патентом РФ №11288 от 20.10.2020 г.

Ключевые слова: сорта сои, ВНИИОЗ 31, Волгоградка 2, селекция сои, гибридизация сои, орошение сои, урожайность сои, короткостебельность сои.

Цитирование. Кошкарлова Т. С., Толоконников В. В., Вронская Л. В. Селекционное улучшение сортов сои на короткостебельность. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 118-126. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-14.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Высоковостребованная белково-масличная культура «соя» возделывается в мировом земледелии в основном без орошения. Существенные риски неполивного возделывания этой культуры частично сглаживаются преимущественным её производством в странах с относительно благоприятными природно-климатическими условиями – США, Бразилии, Аргентине, а также с использованием в основном в посевах ГМО сортов [5, 12].

Ежегодное ужесточение аридизации климата вносит свои коррективы в прогнозы производства сои и получаемую рентабельность. Несмотря на относительно высокую урожайность сои в среднем мировом масштабе (2,8 т/га), концентрация белка в семенах находится на среднем уровне – 35–36 %. Следует отметить, что всего 10–12 % произведённой сои в мире напрямую используется в пищу, и это не ГМО сорта, поэтому они должны характеризоваться высоким содержанием белка в зерне около – 40 % [9] и более.

Высокорентабельное производство сои в условиях орошения, наряду с ростом урожайности, сопровождается получением высокобелковых семян [5] на основе селекционного улучшения этой культуры и совершенствования приёмов агротехники и мелиорации [6, 8]. Соя, как очень отзывчивая на условия произрастания в орошаемом агрофитоценозе культура, формирует более значительный объём биомассы, усиливающей конкуренцию растений за комфортное жизнеобеспечение и в первую очередь – за поступление света, чем при возделывании без полива [8, 13]. Это ориентирует на выведение среднерослых и даже короткостебельных сортов при соответствующем усовершенствовании конструкции архитектоники растений.

Цель исследований – выведение короткостебельных сортов сои, высоко отзывчивых на орошение и пригодных для высокорентабельного возделывания в основных зонах производства сои Российской Федерации.

Материалы и методы. Исследования проводили в период 4-го (2001–2010 гг.) и 5-го (2011–2020 гг.) этапов селекции с проведением конкурсных испытаний в 2006–2008 гг. и 2018–2020 гг. Классическими не ГМО методами селекции – сложной ступенчатой гибридизацией, популяционным и индивидуальным отбором, выведены средне – короткостебельные сорта сои ВНИИОЗ 31 (в Госсортреестре с 2011 года) и Волгоградка 2 (в Госсортреестре с 2020 года).

В селекционной работе использовалась рабочая коллекция ФГБНУ ВНИИОЗ (300 наименований), где имеется 8 % короткостебельных форм, таких как линия 233, 12 % детерминантных сортообразцов, таких как Белоснежка, и 15 % продуктивных, достаточно скороспелых и высокобелковых генотипов, таких как сорт Находка, ВНИИОЗ 11, Волжана, Славия.

Результаты и обсуждение. В Российской Федерации основные посевы сои сосредоточены на неорошаемых землях, поэтому селекция ориентирована на выведение высокорослых сортов с линейным стеблестоем до 1 м и более [2, 11], способных формировать мощную и глубоко проникающую в почву корневую систему и обеспечивать себя влагой из нижних её горизонтов. Значительная высота агрофитоценоза желательна и в условиях сравнительно благоприятных для роста и развития этой культуры, что характерно для сортов, возделываемых в США и Бразилии [10].

Высокорентабельное производство сои в посевах с орошением связано с определёнными трудностями при выведении или подборе сортов для таких условий [3, 7]. Отзывчивость сортов на оросительную воду, удобрения и другие агрохимикаты часто сопровождается быстрым нарастанием биомассы, приводящим к взаимозатеняемости растений и снижению продуктивности фотосинтеза и формированию хозяйственно ценной части урожая. В условиях орошения у растений проявляется более высокая нагрузка на стебли и ветви, оказывающая отрицательное влияние на устойчивость стеблестоя к полеганию и способствующая увеличению уборочных потерь зерна.

Нами установлено [13], что линейный рост растений орошаемой сои не имеет постоянной тесной связи с урожайностью зерна ($r=0,09-0,72$). В селекции на зерновую продуктивность агрофитоценозов особое влияние оказывает использование необходимого критерия при отборе хозяйственно-ценных генотипов [1, 2, 10].

Методика отбора лучших растений из различных популяций орошаемой сои была ориентирована на тестирование агрофитоценозов по высоко наследуемым хозяйственно-ценным признакам с долей генетического компонента в изменчивости – 71...81 %. К ним относятся высота растений, вегетационный период и масса 1000 зерен, количество бобов в узле главного стебля, количество узлов на главном стебле, а также длина междоузлий. Отбор на количество бобов и узлов часто сопровождается

увеличением линейного роста растений. Эти признаки связаны с продуктивностью растений тесными корреляционными связями, однако существенного снижения линейного роста растений в потомстве не происходит. Ориентация на отбор растений с короткими междоузлиями – в среднем 0,04 м по сравнению с высокорослыми сортами, такими как Волгоградка 1 и ВНИИОЗ 76, (0,06–0,07 м) способствовала получению короткостебельных линий, поскольку этот признак связан с зерновой продуктивностью растений тесной отрицательной связью ($r = -0,48 \text{--} -0,76$). Одна из таких линий под номером 31 послужила основой для выведения первого короткостебельного сорта сои (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты тестирования короткостебельного сорта сои ВНИИОЗ 31 и стандарта Волгоградка 1 в условиях орошения (средние данные за 2006–2008 гг.).

Table 1 – Results of testing the short-stemmed soybean variety VNIIOZ 31 and the Volgogradka 1 standard under irrigation conditions (average data for 2006–2008).

№ п/п	Признаки и свойства / Signs and properties	Сорт / Variety		Отклонение от контроля / Deviation from control	
		ВНИИОЗ 31 / VNIIOZ 31	Волгоградка 1 (с) / Volgogradka 1(s)	Абсолютный показатель / Absolute indicator	%
1	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha (НСР ₀₅ 0,04 – 0,15 т/га)	3,01	2,73	0,26	9,5
2	Вегетационный период, дней / Vegetation period, days	115	118	-3	-2,5
3	Высота растений, м / Plant height, m	0,68	0,84	-0,16	-19
4	Доля зерна в приземной зоне стебля 0,15 м, % от биологического урожая / The share of grain in the near-ground zone of the stem 0.15 m, % of the biological yield	7,3	8,2	-0,9	-11
5	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	174,6	142,9	31,7	22,2
6	Доля зерна в общей биомассе, % / Share of grain in total biomass, %	45	36,9	8,1	22
7	Концентрация в семенах, % сухой массы: сырого протеина / Seed concentration, % dry weight: crude protein	36,4	36,8	-0,4	-1,1
	Жира / Fat	19,4	18,8	0,6	3,2
8	Валовый выход с урожаем, т/га: сырого протеина / Gross yield with harvest, t / ha: crude protein	0,95	0,93	0,02	2,2
	Жира / Fat	0,50	0,44	0,06	13,6
	сумма – сырой протеин + жир / amount - crude protein + fat	1,45	1,37	0,08	15,8

Новый сорт характеризуется формированием более высокой урожайности по сравнению со стандартом – на 0,26 т/га или 9,5 %. Он отличается скороспелостью, коротким линейным ростом растений – на -0,16 м или на -19 %. Заявленный сорт выделяется меньшими уборочными потерями зерна за жаткой комбайна - на -11 %, значительно-

но высокой массой 1000 зерен – на 31,7 г или 22,2 %, а также хозяйственной продуктивностью фотосинтеза, выражающейся в формировании высокой доли зерна в общей биомассе – на 22 %.

Выведенный сорт, несмотря на практически такие же, как у стандарта, показатели качества зерна, существенно выигрывает в сборе сырого протеина и жира с гектара – на 13,6-15,8 %. Новый сорт ВНИИОЗ 31 внесен в Госсортреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Нижневолжском регионе, и защищён патентом Российской Федерации №6209 от 24.11.2011 г.

Таблица 2 – Основные показатели характеристики высокопродуктивного в условиях орошения среднестебельного сорта сои Волгоградка 2 (средние данные за 2018...2020 гг.)

Table 2 – The main indicators of the characteristics of a highly productive medium-sized soybean variety Volgogradka 2 under irrigation (average data for 2018 ... 2020)

№ п/п	Признаки и свойства / Signs and properties	Сорт / Variety		Отклонение от кон- троля / Deviation from control	
		Волгоградка 2/ Volgogradka 2	ВНИИОЗ 76/ VNIIOZ 76	Абсолютный показатель/ Absolute indicator	%
1	Урожайность, т/га/ Productivity, t / ha (НСР ₀₅ 0,04 – 0,15 т/га)	3,15	2,92	0,23	7,9
2	Вегетационный период, дней/ Vegetation period, days	109	115	-6	-5,2
3	Высота растений, м/ Plant height, m	0,76	0,83	-0,07	-8,4
4	Доля зерна в приземной зоне стебля 0,15 м, % от биологического урожаея/The share of grain in the near- ground zone of the stem 0.15 m,% of the biological yield	7,1	8,4	-1,3	- 15,5
5	Масса 1000 зерен, г/ Weight of 1000 grains, g	173,4	145,5	27,9	19,2
6	Доля зерна в общей биомассе, %/ Share of grain in total biomass,%	34,5	30,2	4,3	14,2
7	Концентрация в семенах, % сухой массы: сырого протеина/ Seed concentration,% dry weight: crude protein	38,9	37	1,9	5,1
	Жира/ Fat	18,8	19,7	-0,9	-4,6
8	Валовый выход с урожаем, т/га: сырого протеина/Gross yield with harvest, t / ha: crude protein	1,05	0,93	0,12	12,9
	Жира/ Fat	0,51	0,49	0,02	4,1
	сумма – сырой протеин + жир/ amount - crude protein + fat	1,56	1,42	0,14	9,9

За предшествующие 10 лет площади посева сои в нашей стране увеличились более чем в 2,5 раза по сравнению с 2010 годом (1,2 млн га). Однако урожайность возросла всего на 0,4-0,5 т/га, достигнув в 2020 году 1,55 т/га. Одной из причин этого является значительное усиление аридизации сельскохозяйственных территорий, и особенно в

таком южном регионе, как Нижнее Поволжье. Даже в условиях орошения прогрессирующее суховейных явлений – более 55 за вегетацию сои, может снизить урожайность до уровня 2 т/га зерна, чем в годы с меньшей атмосферной засухой (47 дней – около 2,5 т/га, 39 дней – 3 т/га). К настоящему времени количество суховейных дней с относительной влажностью воздуха менее 30 % возросло на 63,8 % по сравнению со средне-многолетними показателями (47 дней), что потребовало нового подхода к конструированию сортов этой культуры Нижневолжского экотипа [4, 8, 13].

Стратегия селекционного улучшения сортов на данном этапе селекции основывалась на небольшом уменьшении линейного роста растений, но с существенным ограничением его интенсивности, начиная с генеративного периода развития. Применяя в скрещивании сорт ВНИИОЗ 31 и сортообразцы с детерминантным (ограниченным) типом роста был создан ряд морфобиотипов с менее выраженной взаимозатеняемостью в орошаемом агроценозе, повышенной продуктивностью фотосинтеза, устойчивостью к полеганию и отзывчивостью на высокий удобренный агрофон. Линия под номером 2 прошла комплексное тестирование в питомниках сортоиспытания и стала родоначальным сорта сои Волгоградка 2 растением.

Для нового сорта характерно формирование высокого уровня урожайности – 3,15 т/га по сравнению со стандартным сортом – 2,92 т/га. Среди показателей характеристики заявленного сорта относительно стандарта важно отметить, что он созревает на 6 дней раньше, создаёт невысокий стеблестой, и при этом с небольшой долей зерна в его приземной (0,15 м) зоне, существенно ограничивая уборочные потери.

Особыми достоинствами выведенного сорта является формирование очень крупных семян – 173,4 г 1000 зерен, что сопровождается повышенной долей зерна в общей биомассе, а также увеличенное содержание сырого протеина в семенах его валовой выход с урожаем – 1,05 т/га и в сумме с жиром – 1,56 т/га (таблица 2).

Новый сорт Волгоградка 2 внесен в Госсортреестр по Нижневолжскому региону с 2020 года. Право интеллектуальной собственности на этот сорт защищено патентом №11288 от 20.10.2020 г.

Выводы. На фоне мировой интенсификации соеводства при относительно благоприятном климате и основанной преимущественно на ГМО сортах Российское агропроизводство этой культуры в определённой степени зависит от метеорологических условий, ограничивающих рост урожайности. Однако использование в производстве не ГМО сортов существенно повышает конкурентоспособность отечественной сои на мировом рынке. С учётом этого важно мобилизовать возможности традиционной не ГМО селекции для выведения адаптированных к атмосферной засухе и отзывчивых на орошение сортов сои. С учетом особенностей засушливого климата Нижнего Поволжья, особенно в предшествующее десятилетие в ФГБНУ ВНИИОЗ было обосновано направление селекции средне-короткостебельных сортов с детерминируемым ростом стеблестоя как более устойчивых к суховейным явлениям и в то же время отзывчивых на оросительную воду по сравнению с обычными сортами. На 4-м этапе исследований (2001 – 2010 гг.) выведен новый короткостебельный сорт ВНИИОЗ 31, зарегистрированный в Госсорткомиссии по Нижневолжскому региону в 2011 году (Патент №6209; 24.11.2011). В период 5-го этапа селекции создан среднестебельный с ограниченным типом роста сорт Волгоградка 2, внесённый в Госсортреестр по Нижневолжскому региону в 2020 г. с охраной интеллектуальной собственности (Патент №11288; 20.10.2020). Методы селекции – гибридизация и отбор. Рабочая коллекция представлена по различному эколого-географическому происхождению сортообразцами, в том числе генофондом своей селекции (300 наименований): детерминантными (12 %), короткостебельными (8 %), продуктивными (15 %) с различными сроками гарантированного созревания.

Агрофитоценоз орошаемой сои имеет существенные отличия от возделывания без орошения. На основе невысоких корреляционных связей продуктивности с линейным ростом растений ($r=0,09-0,72$) и использованием при отборе высоконаследуемых хозяйственно-ценных признаков (71-81 % генетического компонента в изменчивости): высота растений, масса 1000 зерен, вегетационный период, длина междоузлий и их количество на главном стебле (последние два признака характеризуются сравнительно высокой корреляцией с зерновой продуктивностью растений, особенно длина междоузлий - $r=0,48-0,76$ создан спектр короткостебельных линий, одна из них (№ 31) послужила основой для создания сорта ВНИИОЗ 31. Он имеет существенные преимущества перед стандартным сортом Волгоградка 1 по высокой урожайности (3,01 т/га), короткостебельности (0,68 м), невысокой доле зерна в приземной зоне (0,15 м) стеблестоя (7,3 %), крупности семян (174,6 г/1000 зерен), доле зерна в общей биомассе (45 %) и валовому выходу сырого протеина и жира (в сумме 1,45 т/га).

В связи с резким усилением аридизации климата и суховейных явлений селекционное улучшение сортов сои Нижневолжского агроэкоотипа было направлено на выведение среднестебельных генотипов, характеризующихся детерминантным (ограниченным) ростом стебля с повышенной адаптированностью к воздушной засухе и продуктивностью фотосинтеза. Линия под номером 2 успешно прошла конкурсное сортоиспытание и стала родоначальным сорту Волгоградка 2 растением. Новый сорт по сравнению со стандартом ВНИИОЗ 76 характеризуется более высокой урожайностью (3,15 т/га), скороспелостью (109 дней), средне-стебельностью агрофитоценоза перед уборкой (0,76 м), уменьшенной долей зерна в зоне 0,15 м стеблестоя (7,1 %), крупностью семян (173,4 г/1000 зерен), долей зерна в общей биомассе (34,5 %), содержанием белка в семенах (38,9 %) и его сбором в урожае (1,05 т/га), а также в суммарном сочетании с жиром (1,56 т/га).

Внедрение новых сортов сои ВНИИОЗ 31 и Волгоградка 2 в орошаемом земледелии будет способствовать повышению рентабельности отечественного соеопроизводства.

Библиографический список

1. Бурляева М. О., Ростова Н. С. Изменчивость структуры корреляций морфологических и хозяйственных признаков у сои с разным типом роста и ветвления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 78-86.
2. Зеленцов С. В. О новых методах селекции сои за рубежом и о возможности их использования в селекции сои во ВНИИМК // ВНИИМК – Конференции и семинары. 9.11.2017. Сайт ВНИИМК e-mail: vniimk.ru
3. Кружилин И. П., Толоконников В. В., Вишнякова М. А. Каталог Мировой коллекции ВИР. Соя - исходный материал для селекции в богарных и орошаемых условиях Нижнего Поволжья. Санкт-Петербург, 2000. Вып. 706. 56 с.
4. Тарчоков Х. Ш., Тутукова Д. А. Соя различных групп спелости в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Аграрная Россия. 2020. № 6. С. 27-32.
5. Толоконников В. В. Селекция отзывчивых на орошение сортов сои с обоснованием экологической значимости для национальной экономики // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 69-78.
6. Толоконников В. В. Основные направления и результаты селекции сои и люцерны в условиях орошения Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 55-60.
7. Тренд современной селекции – соя на орошении // Агробизнес. Щёлково – Агрохим, 2020. 25 с.
8. Шабалкин А. В., Дубинкина Е. А. Соя - экономически выгодная культура // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 17-21.

9. Miladinović J. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections // *Frontiers in Plant Science*. 2018. V. 9. С. 1286.
10. Montoya F. Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic conditions // *Agricultural Water Management*. 2017. V. 193. P. 30-45.
11. Nekrasov A. Y. Soybean: Sources from the VIR collection of genetic resources // *Proc. on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020. № 181(1). P. 48-52.
12. Robison J. D., Yamasaki Y., Randall S. K. The ethylene signaling pathway negatively impacts cbf/dreb-regulated cold response in soybean (glycine max) // *Frontiers in Plant Science*. 2019. V. 10. P. 121.
13. Stobaugh B. Agronomic evaluation of high – protein and high oil soybean genotypes for specialty markets // *Crop improvement*. 2017. V. 31 (2). P. 247-260.

Информация об авторах

Кошкарлова Татьяна Сергеевна, старший научный сотрудник отдела сои ФГБНУ ФНИЦ ВНИИМК (350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-927-5189-467, e-mail: koskharova_ts@vniioz.ru

Толоконников Владимир Васильевич, ведущий научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук.

Вронская Любовь Васильевна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9).

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-15

STIMULATION OF CHICKPEA SEEDS WITH SOLUTIONS OF SALTS OF SULFURIC ACID

A. A. Neverov

*Federal Scientific Center for Biological Systems and
Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg*

Received 16.03.2022

Submitted 21.04.2022

*The research "Stimulation of chickpea seeds with sulfuric acid salts" was carried
out in accordance with the research plan for 2021-2030
of the Federal State Budgetary Research Center of the BST RAS on the topic (No. 0526-2022-0014)*

Abstract

Introduction. In conditions of lack of moisture in the soil, characteristic of the steppe zone of Orenburg region, with different levels of mineral nutrition elements, the trace elements contained in seeds are equivalent to starting fertilizer, which is very important for various plants. **Object.** The object of the study is aqueous solutions of sulfuric acid salts. **Materials and methods.** The article shows the results of processing chickpea seeds of the Privo1 variety with aqueous solutions of sulfuric acid salts of two concentrations of 1% and 0.1% according to the active substance. In laboratory conditions, chickpea seeds were germinated in sand at a constant temperature of 24°C for 4 days. The salts included divalent cations of metals: iron, copper, magnesium, zinc and manganese. On chickpea seedlings, their germination, the mass of sprouts and germ roots were determined in a fourfold repetition.

Results and conclusions. Laboratory studies have shown that the treatment of chickpea seeds with sulfuric acid salts did not improve their laboratory germination, with the exception of the variant with magnesium 0.1%-the concentration of the solution. Aqueous solutions, which included copper, iron, zinc and magnesium ions, had a positive effect on the formation of chickpea seedlings by their accelerated growth and an increase in the mass of the root and sprout. The best results were shown by magnesium and iron in a 1% concentration of the solution. The increase in the mass of the germ in the variant with magnesium was 82.9%, in the variant with iron - 57.7% relative to the control, and the increase in the mass of the root, respectively, was 56.0% and 50.5%. Zinc and copper positively influenced the growth of the chickpea germ root in 0.1% solution. Zinc in 0.1% solution also showed the best results for the formation of the sprout, and copper in a variant of 1% concentration. Manganese showed phytotoxicity in solutions of these concentrations, significantly impairing the germination of seeds, and had a depressing effect on the development of sprouts.

Keywords: chickpeas, seeds, sulfuric acid salts, copper, iron, manganese, magnesium, zinc.

Citation. Neverov A.A. Stimulation of chickpea seeds with solutions of salts of sulfuric acid. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 126-134 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-15.

Author's contribution. The author of the article provided was directly involved in the laying and conducting laboratory research. The obtained results were subjected to a comprehensive analysis.

Conflict of interest. Absent.

УДК 633.36/37:631.8

СТИМУЛЯЦИЯ СЕМЯН НУТА РАСТВОРАМИ СОЛЕЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

А. А. Неверов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН,
г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 16.03.2022

Дата принятия к печати 21.04.2022

**Исследования «Стимуляция семян нута солями серной кислоты» выполнены
в соответствии с планом НИР на 2021-2030 гг.
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по теме (№0526-2022-0014)**

Актуальность. В условиях недостатка влаги в почве, которое характерно для степной зоны Оренбуржья при различном уровне запасов элементов минерального питания, содержащиеся в семенах микроэлементы равноценны стартовому удобрению, что очень важно для различных растений. **Объект.** Объектом исследования являются водные растворы солей серной кислоты. **Материалы и методы.** В статье показаны результаты обработки семян нута сорта Приво 1 водными растворами солей серной кислоты двух концентраций 1 % и 0,1 % по действующему веществу. В лабораторных условиях проводили проращивание семян нута в песке при постоянной температуре 24 °С в течение 4-х суток. В состав солей входили двухвалентные катионы металлов: железа, меди, магния, цинка и марганца. На проростках нута определяли их всхожесть, массу ростков и зародышевых корешков в четырёхкратном повторении. **Результаты и выводы.** Лабораторные исследования показали, что обработка семян нута солями серной кислоты не улучшила их лабораторную всхожесть, за исключением варианта с магнием 0,1 %-концентрации раствора. Водные растворы, в состав которых входили ионы меди, железа, цинка и магния, оказали положительное влияние на формирование проростков нута путём их ускоренного роста и увеличения массы корешка и ростка. Лучшие результаты показали магний и железо в 1 %-ной концентрации раствора. Увеличение массы ростка в варианте с магнием составила 82,9 %, в варианте с железом – 57,7 % относительно контроля, а прирост массы корешка соответственно – 56,0 % и 50,5 %. Цинк и медь положительно влияли на рост зародышевого корешка нута в 0,1%-ном растворе. На стадии формирования ростка лучшие результаты показал также цинк – в 0,1 %-ном растворе, а медь – в варианте 1 %-ной концентрации. Марганец проявил фитотоксичность в растворах указанных концентраций, значительно ухудшив всхожесть семян, и оказал угнетающее действие на развитие ростков.

Ключевые слова: нут, семена нута, соли серной кислоты, стимуляция семян нута, всхожесть семян нута.

Цитирование. Неверов А. А. Стимуляция семян нута растворами солей серной кислоты. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 126-134. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-15.

Авторский вклад. Автор представленной статьи принимал непосредственное участие в закладке и проведении лабораторных исследований. Полученные результаты подвергались всестороннему анализу.

Конфликт интересов. Отсутствует.

Введение. Металлы существенно влияют на метаболизм растений, определяют устойчивость растений к экстремальным условиям и болезням [15].

Ионы меди, марганца, железа, цинка входят в состав металлопротеинов и металлоферментов внутри клетки. Однако диапазон концентраций каждого из этих металлов в растении невелик, недостатки и избытки вызывают серьезные физиологические нарушения в растительной клетке (Shingles R. et al., 2004).

В условиях недостатка влаги в почве при различном уровне запасов элементов минерального питания содержащиеся в семенах микроэлементы равноценны стартовому удобрению, что очень важно для различных растений (Сакмак I., 2008) [5].

Металлы могут стать токсичными в избыточных концентрациях (производство активных форм кислорода с помощью реакции Фентона), вызывая окислительный стресс (Grotz N., 2006).

Железо – наиболее распространенный элемент в почве, однако его доступность растениям ограничена из-за его низкой растворимости, особенно в щелочных и известковых почвах. Железо регулирует много жизненных процессов: синтез ДНК, дыхание, фотосинтез. Оно конкурирует с другими переходными металлами, такими как Cu, Zn и Mn, в своем поглощении, транспорте и химической реакции в растительных клетках. Дефицит Fe приводит к снижению урожайности и ухудшению питания растений [14]. Недостаток железа ослабляет рост корней [11], а его избыток приводит к окислительному стрессу с помощью реакции Фентона (Nishio J.N. et al., 1985).

Медь участвует в фотосинтезе, дыхании и защите от окисления [9]. Известно не менее 30 медьсодержащих ферментов, включая оксидазы. Пластоцианин является наиболее распространенным белком меди, участвующим в транспорте электронов в тилакоидном просвете хлоропластов [9].

Цинк служит кофактором для большого количества ферментов, участвующих в метаболизме белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов [7]. Дефицит цинка проявляется в задержке роста, развитии хлороза и стерильности колосков. Также при недостатке цинка ухудшается синтез белка и нарушается целостность мембран, что приводит к прогрессированию заболеваний. Рост побегов может быть сильно подавлен (Ciftci-Yilmaz S., 2008).

Цинк положительно коррелирует с поглощенными растениями макроэлементами N, K, Mg, что демонстрирует значительную роль в опосредовании усвоения питательных веществ пшеницей [6]. Дефицит цинка ухудшает азотное питание хлопка, подсолнечника и гречихи, и наоборот, добавка цинка улучшает поглощение нитратов растениями, что указывает на существование синергических связей между этими элементами.

Установлено [12], что недостаточная обеспеченность растений фосфором приводит к избыточному потреблению цинка и наоборот, что свидетельствует об антагонистических отношениях между этими элементами. Аналогичная связь наблюдалась между фосфором и железом [13].

Марганец является кофактором многих ферментов: каталазы, пероксидазы, декарбоксилазы, РНК-полимеразы и гликозилтрансферазы (Lidon F.C., et al., 2004). Недостаток марганца приводит к замедлению и задержке роста растений [4]. Избыток этого элемента усиливает выработку активных форм кислорода (АФК) по механизму Фентона [4].

Магний – наиболее распространенный после калия элемент в живых клетках растений [8]. Его большая часть содержится в вакуолях. Магний используется растениями для синтеза хлорофилла, его концентрация может меняться в зависимости от освещенности листьев.

Исследования прорастания семян тыквы показали, что семена, полученные из растений с большим содержанием Mg, были более энергичными и демонстрировали более раннее появление всходов и лучшее формирование и развитие проростков по сравнению с семенами, собранными с растений, у которых дефицит Mg [16].

В наших исследованиях поставлена цель – изучить стимулирующее влияние обработки семян нута солями серной кислоты различных концентраций.

Материалы и методы. Объектом исследования являются водные растворы солей серной кислоты 0,1 %-ной и 1,0 %-ной концентрации, которыми обрабатывались семена нута Приво 1.

Для эксперимента использовали водные растворы солей серной кислоты (сульфаты) различных металлов.

1. Сульфат железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (железный купорос), неорганическое соединение, железная соль серной кислоты. Сульфат железа (II) хорошо растворим в воде (26,3 г при 20 °С). Из водных растворов кристаллизуется голубовато-зелёный гептагидрат $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

2. Сульфат меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (медный купорос). Сульфат меди (II) хорошо растворим в воде. Из водных растворов кристаллизуется в виде голубого пентагидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (медный купорос).

3. Сульфат цинка $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (цинковый купорос). Сернокислый цинк, ZnSO_4 — цинковая соль серной кислоты, в виде порошка, состоящего из прозрачных, бесцветных кристаллов без запаха, но с резким и вяжущим вкусом.

4. Сульфат марганца $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (марганцевый купорос). Белый порошок при прокаливании плавится и разлагается. Кристаллогидрат $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — красно-розовый, техническое название «марганцевый купорос». Хорошо растворим в воде.

5. Сульфат магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (эпсомит) – белый кристаллический порошок, пакетированный по 20 г (производитель – Южно-Уральский завод магниевых соединений, г. Кувандык Оренбургской области), растворимый в воде. Молярная масса – $24+32+16 \cdot 4+7 \cdot (2 \cdot 1+16) = 246$ г/моль.

Расчёт количества препарата для обработки семян проводился по действующему веществу. Действующее вещество – сульфат металла.

На примере сульфата магния MgSO_4 (120 гмоль⁻¹) с содержанием в препарате - $120/246 = 48,8$ %.

Расход рабочего раствора для обработки 1 т семян сельскохозяйственных культур – 10 л. Расход сульфата магния семиводного (препарата) на 1 т семян при 1 %-ной концентрации водного раствора – 205 г, 0,1 %-ной - 20,5 г.

Для приготовления 100 мл: 1 %-ного раствора сульфата магния требуется 2,05 г семиводного сульфата магния; 0,1 %-ного – 0,21 г.

Для обработки 1000 г семян использовалось 10 мл водного раствора указанных концентраций препарата с экспозицией 1 сутки.

Обработка семян проводилась в стерильных пакетах. Проращивание – в песке, в темноте при постоянной температуре 24 °С в четырехкратном повторении, по 50 шт. семян в каждом повторении. День закладки семян на проращивание и день съёма семян считался за одни сутки. Проращивание проводилось в течение 4-х суток. Для контроля использовались семена, обработанные водой из расчёта 10 л воды на 1 т семян.

Схема эксперимента. Обработка семян нута в лабораторных условиях водными растворами сульфатов металлов в концентрации 0,1 % и 1,0 % из расчёта 10 л рабочего раствора на 1 т семян. Количество вариантов – 11.

1. Контроль (10 л воды на 1 т семян).

2. CuSO_4 – 1 %-ный раствор.

3. CuSO_4 – 0,1 %-ный раствор.

4. FeSO_4 – 1 %-ный раствор.

5. FeSO_4 – 0,1 %-ный раствор.

6. MgSO_4 – 1 %-ный раствор.
7. MgSO_4 – 0,1 %-ный раствор.
8. ZnSO_4 – 1 %-ный раствор.
9. ZnSO_4 – 0,1 %-ный раствор.
10. MnSO_4 – 1 %-ный раствор.
11. MnSO_4 – 0,1 %-ный раствор.

Статистический анализ вычислением наименьшей существенной разности (HCP_{05}) проводился в авторской программе по методике Б. А. Доспехова [1].

Результаты и обсуждение. Обработка семян нута водными растворами сернокислых солей в концентрации 0,1 и 1,0 % оказала влияние на лабораторную всхожесть семян в зависимости от иона металла, входящего в состав соли и его концентрации (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние обработки солями серной кислоты на лабораторную всхожесть семян нута

Table 1 – Effect of treatment with sulfuric acid salts on laboratory germination of chickpea seeds

№ п/п / n/a	Вариант опыта / Experience Variant	Концентрация раство- ра, % / Solution concentration, %	Всхожесть семян, % / Seed germination, %	Отклонения от кон- троля, % / Deviations from control, %
1	Контроль / Control	0	91,6	-
2	CuSO ₄	1	88,0	-3,6
3		0,1	90,0	-1,6
4	FeSO ₄	1	86,0	-5,6
5		0,1	92,0	0,4
6	MgSO ₄	1	90,0	-1,6
7		0,1	95,0	3,4
8	ZnSO ₄	1	90,0	-1,6
9		0,1	92,0	0,4
10	MnSO ₄	1	89,0	-2,6
11		0,1	89,0	-2,6
Среднее по концентрации 1 % / Average concentration 1 %			88,6	-3,0
Среднее по концентрации 0,1 % / Average concentration 0,1 %			91,6	0,0
Среднее по опыту / Average by experience			90,2	-1,5
HCP ₀₅ / SSD ₀₅				1,6

Всхожесть семян в контрольном варианте составила 91,6 %. Положительное влияние от обработки семян сульфатами металлов наблюдалось лишь в одном варианте 0,1 %-ной концентрации MgSO_4 – 95 %, что на 3,4 % больше относительно контроля при HCP_{05} , равной 1,6 %.

Снижение всхожести семян нута относительно контроля показали ионы меди – на 1,6-3,6 %, железа – на 5,6 % в варианте 1 %-ной концентрации, а также ионы марганца – на 2,6 % в обоих вариантах. В других вариантах всхожесть семян отличалась от контроля незначительно, в пределах $\text{HCP}_{05} = 1,6$ %.

В среднем по опыту показательна тенденция снижения лабораторной всхожести семян нута на 3 % относительно контроля от повышения концентрации раствора до 1 %.

Более существенное влияние металлы оказали на рост и развитие проростков (таблицы 2 и 3).

Масса зародышевого корешка одного проростка в контрольном варианте составила 55,5 мг (таблица 2).

Таблица 2 – Масса корневой системы у 4-х дневных проростков нута

Table 2 – The mass of the root system in 4-day-old chickpea seedlings

№ п/п / n/a	Вариант опыта / Experience Variant	Концентрация раствора, % / Solution concentration, %	Масса корешка, мг / Root weight, mg	Отклонения от контроля / Deviations from control	
				мг / mg	% / %
1	Контроль / Control	0	55,5	-	-
2	CuSO ₄	1	53,9	-1,6	-2,9
3		0,1	63,2	7,7	13,9
4	FeSO ₄	1	83,6	28,1	50,5
5		0,1	58,3	2,8	5,0
6	MgSO ₄	1	86,6	31,1	56,0
7		0,1	81,3	25,8	46,5
8	ZnSO ₄	1	59,2	3,7	6,7
9		0,1	71,9	16,4	29,6
10	MnSO ₄	1	63,0	7,5	13,6
11		0,1	62,0	6,5	11,6
Среднее по концентрации 1 % / Average concentration 1 %			69,3	13,8	24,8
Среднее по концентрации 0,1 % / Average concentration 0,1 %			67,3	11,8	21,3
Среднее по опыту / Average by experience			67,1	12,8	23,1
HCP ₀₅ / SSD ₀₅				8,0	14,4

В целом по опыту наблюдалась положительная тенденция формирования корневой системы 4-х дневных проростков от обработки семян разными солями серной кислоты.

Значительное увеличение массы зародышевого корешка наблюдали в варианте сульфата магния обеих концентраций – на 25,8-31,1 мг, или на 46,5-56 % относительно контроля. Лучшие результаты получены в варианте с 1 %-ной концентрацией водного раствора. Аналогичные результаты по приросту на 28,1 мг, или 50,5 % от контроля получены в варианте 1 %-ной концентрацией сульфата железа. Наши результаты согласуются с выводами авторов [10] о том, что дефицит в семенах железа вызывает задержку роста корней. Также существенное положительное влияние на формирование корневой системы нута оказал сернокислый цинк 0,1 %-ной концентрации с приростом массы корешка 16,4 мг, или 28,1 %.

В других вариантах положительного влияния на формирование корневой системы у 4-х дневных проростков нута не наблюдалось.

Несколько иначе ионы металлов влияли на формирование ростков (таблица 3).

Масса одного ростка в контрольном варианте составила 23,8 мг. В целом существенное влияние на формирование ростков оказали соли серной кислоты повышенной концентрации водного раствора.

Наибольшее влияние наблюдали в варианте сульфата магния обеих концентраций. Масса ростка в сравнении с контролем увеличилась на 11,8 и 19,8 мг, или на 49,4 и 82,9 %. По другим вариантам: с железом прирост массы от 1 %-ной концентрации раствора составил 13,7 мг, или 57,7 % от контроля. Сульфат меди той же концентрации увеличил прирост на 8,1 мг, или 34,2 % от контроля.

Цинк, как и в случае с корневой системой, положительно влиял на параметры проростков нута только в растворе меньшей концентрации соли, увеличив массу ростка относительно контрольного варианта на 6,8 мг, или 28,4 %.

Таблица 3 – Влияние обработки семян на формирование ростков нута

Table 3 – The effect of seed treatment on the formation of chickpea sprouts

№ п/п / n/a	Вариант опыта / Experience Variant	Концентрация рас- твора, %/ Solution concentration, %	Масса одного ростка, мг / Weight of one sprout, mg	Отклонения от кон- троля / Deviations from control	
				мг / mg	% / %
1	Контроль / Control	0	23,8	-	-
2	CuSO ₄	1	32,0	8,1	34,2
3		0,1	25,7	1,8	7,7
4	FeSO ₄	1	37,6	13,7	57,7
5		0,1	22,3	-1,6	-6,5
6	MgSO ₄	1	43,6	19,8	82,9
7		0,1	35,6	11,8	49,4
8	ZnSO ₄	1	26,9	3,1	12,8
9		0,1	30,6	6,8	28,4
10	MnSO ₄	1	21,2	-2,7	-11,2
11		0,1	20,1	-3,7	-15,5
Среднее по концентрации 1 % / Average concentration 1 %			32,2	8,4	35,3
Среднее по концентрации 0,1 % / Average concentration 0,1 %			26,9	3,0	12,7
Среднее по опыту / Average by experience			29,0	5,7	24,0
HCP ₀₅ / SSD ₀₅				4,5	18,9

Марганец оказал фитотоксичное влияние на формирование ростков в растворах обеих концентраций от 0,1 до 1,0 %.

Накопление в семенах растений необходимого количества микроэлементов существенно зависит от почвенно-климатических условий той местности, в которой выращивалась сельскохозяйственная культура.

Почва опытного участка, на которой получен урожай нута, чернозём южный среднесуглинистый карбонатный характеризуется избыточным содержанием ионов кальция и калия. Недостаточное атмосферное увлажнение в сочетании с экстремально высокой температурой воздуха и щелочной реакцией почвенного раствора отрицательно влияет на доступность катионных элементов минерального питания для растений.

В условиях сухого климата угнетается биологическая активность почвы, в результате чего растения испытывают недостаток основных элементов питания и особенно азота. Данный вывод находит подтверждение в работе [3], авторы которой показали, что азотные удобрения не только повышают урожайность зерна пшеницы, но и способствуют усвоению железа и цинка в зерне пшеницы. Питание азотом имеет решающее значение как для поглощения, так и для транслокации железа и цинка в зерно пшеницы. Улучшение азотного питания растений способствует увеличению содержания железа в побегах растений. В наших опытах отзывчивость нута на ионы магния, железа, цинка и меди свидетельствует о недостаточном накоплении этих металлов в зерне в силу указанных выше причин.

Марганец относится к необходимым для растительного организма микроэлементам. Нередко при высоких концентрациях он проявляет себя как тяжелый металл, нарушающий метаболизм в растительной клетке. Исследованиями [2] показано: в диапазоне 0,01-0,1 % находятся критические значения концентраций, при меньшей концентрации сернокислый марганец работает как стимулятор, а в случае роста концентрации соли проявляет себя как токсикант. В наших исследованиях марганец в концентрациях 0,1-1,0 % водного раствора отрицательно повлиял на всхожесть семян и проявил фитотоксичность на процессы формирования ростков у нута.

Выводы. Лабораторные исследования показали, что обработка семян нута водными растворами солей серной кислоты в концентрации 0,1 и 1,0 % не улучшила их лабораторную всхожесть за исключением варианта с магнием 0,1 %-концентрации раствора.

Водные растворы, в состав которых входили ионы меди, железа, цинка и магния, оказали положительное влияние на формирование проростков нута путём их ускоренного роста и увеличения массы корешка и ростка.

Лучшие результаты показали магний и железо в 1 %-ной концентрации раствора. Увеличение массы ростка в варианте с магнием составила 82,9 %, в варианте с железом – 57,7 % относительно контроля, а прирост массы корешка соответственно – 56,0 % и 50,5 %. Цинк и медь положительно влияли на рост зародышевого корешка нута в 0,1 %-ном растворе. На формирование ростка лучшие результаты показали также цинк – в 0,1 %-ном растворе, а медь – в варианте 1 %-ной концентрации.

Марганец проявил фитотоксичность в растворах указанных концентраций, значительно ухудшив лабораторную всхожесть семян, и оказал угнетающее действие на развитие ростков. Очевидно, концентрации 0,1 % и 1,0 % сульфата марганца в растворе избыточны для обработки семян нута и, вероятно, необходимы дополнительные исследования с растворами меньших концентраций.

Библиографический список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): учебник. Москва: Альянс. 2011. 352 с.
2. Шелудько А. Н., Червоненко Д. В. Влияние соли марганца различной концентрации на ростовые процессы пшеницы // БМИК. 2016. № 5. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-soli-margantsa-razlichnoy-kontsentratsii-na-rostovye-protsessy-pshenitsy>.
3. Biofortification and localization of zinc in wheat grain / I. Cakmak [et al.] // J. Agric. Food Chem. 2010. V. 58. P. 9092–9102.
4. Effect of manganese on the resistance of tomato to *Pseudocercospora fuligena* / G. Heine [et al.] // J. Plant Nutr. Soil Sci. 2011. 10.1002/jpln.201000440.
5. Farooq M., Wahid A., Siddique K. H. M. Micronutrient application through seed treatments - a review // J. Soil Sci. Plant Nutr. 2012. V. 12. P. 125-142.
6. Guo X., Ma X., Zhang J. Meta-analysis of the role of zinc in coordinating absorption of mineral elements in wheat seedlings // Plant Methods. 2021. V. 17 (1). P. 105.
7. Ishimaru Y., Bashir K., Nishizawa N. K. Zn uptake and translocation in rice plants Rice, 2011. 10.1007/s12284-011-9061-3.
8. Kobayashi N. I., Tanoi K. Critical issues in the study of magnesium transport systems and magnesium deficiency symptoms in plants // Int. J. Mol. Sci. 2015. V. 16. P. 23076–23093.
9. Meharg A. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier/Academic Press, Amsterdam. Netherlands, 2011. P. 684.
10. Natural allelic variation of FRO2 modulates Arabidopsis root growth under iron deficiency / S. B. Satbhai [et al.] // Nat Commun. 2017. V. 8. 15603.
11. Natural allelic variation of FRO2 modulates Arabidopsis root growth under iron deficiency / S. B. Satbhai [et al.] // Nat. Commun. 2017. V. 10.1038/ncomms15603.
12. Phosphate/zinc interaction analysis in two lettuce varieties reveals contrasting effects on biomass, photosynthesis, and dynamics of Pi transport / N. Bouain [et al.] // Biomed. Res. Int. 2014. 548254.
13. Physiological and transcriptome analysis of iron and phosphorus interaction in rice seedlings / L. Zheng [et al.] // Plant Physiol. 2009. V. 151. P. 262–274.
14. Rou G. R., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolismRev // Agric. Sci. 2015. V. 10. 7831/ras.3.1.
15. Shahzad Z., Amtmann A. Food for thought: how nutrients regulate root system architecture Curr. Opin // Plant Biol. 2017. V. 10.1016/j.pbi.2017.06.008.
16. Zhang B., Cakmak I., Feng J. Magnesium Deficiency Reduced the Yield and Seed Germination in Wax Gourd by Affecting the Carbohydrate Translocation // Front Plant Sci. 2020. V. 11P. 797.

Информация об авторах

Неверов Александр Алексеевич, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID - 0000-0001-5467-2476, тел.: 8-922-621-72-36, e-mail: nevalex2008@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-16

**CREATION OF NEW INSTRUMENT «INCUCHT» LINES OF CORN BASED
ON INTERLINE POPULATIONS ON THE BASIS
OF LOW HARVESTING GRAIN MOISTURE**

O. N. Panfilova, E. V. Chugunova, Y.A. Avilova, S. N. Derunova

*Volga Region Branch of the Federal State Budget Scientific Institution
«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture of the
Russian Academy of Agricultural Sciences»*

Received 20.08.2021

Submitted 18.04.2022

Abstract

Introduction. The article presents the results of research on the creation of new early-maturing and mid-early incucht lines from interlinear populations. In the period from 2014 to 2020. in the Volga branch of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences», 2 (two) isolated sections of 12 lines each were laid, in two groups of ripeness, early-ripening and medium-early, in order to obtain new incucht lines on the basis of "low harvest moisture of grain". In the first year, a set of incucht lines was sown on 2 (two) isolated plots with an average harvest grain moisture of 16.3% in the population, with a variation from 14.1% to 18.3% in the early group, and from 18.4% to 20.3% in the middle early group with an average value of 19.4%. After the selection of plants for further work, genotypes were evaluated according to phenotypic, morphological and generative characteristics. As a result of annual rigorous culling of samples with undesirable signs and forced self-pollination under isolators of selected genotypes for 5 years, new constant lines were obtained. **Results and conclusions.** As a result, it was possible to identify 9 new incucht lines in each group with a lower harvest moisture content of grain. In the early-maturing group, from 11.1% to 14.7%, with an average value of 13.1% for the group, this is lower than the initial values than in the population by 3.2%. In the middle early group, the humidity was obtained at 14.4%, which is 5% lower than the initial population indicators. The new lines have a shorter interphase period from the flowering of the cobs to the full ripeness of the grain, in both groups for 3 days. The new genotypes have a fairly high grain productivity per 1 (one) plant and a high yield of grain from the cob. In the early-maturing group, high productivity was noted: LP39 (52.4 g), LP45 (54.0 g), LP46 (64.3 g), LP47 (57.8 g), LP48 (61.4 g). The following lines had a high grain yield: LP24 (75%), LP39 (72.7%), LP47 (73.7%), LP46 (75.0%). In the middle early group, according to grain productivity, the following were distinguished: LP18 (57.0 g), LP28 (59.3 g), LP44 (61.1 g), LP55 (67.5 g). At the output of the grain, the following are marked: LP18 (80.0%), LP20 (75.0%), LP44 (80.8%), LP55 (75.0%). The obtained new incucht lines will be used to create new interline hybrids of corn.

Key words: corn, population, incucht line, harvesting grain moisture, interphase periods, productivity, grain yield.

Citation. Panfilova O. N., Chugunova E. V., Avilova Yu. A., Derunova S. N. Creation of new instrument «incucht» lines of corn based on interline populations on the basis of low harvesting grain moisture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 134-140 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-16.

Author's contribution. All the authors of the study participated in the creation and evaluation of the new material obtained. All the authors have read and approved the submitted final version of the work.

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

УДК 633.15:631.52

**СОЗДАНИЕ НОВЫХ ИНЦУХТ-ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА ОСНОВЕ
МЕЖЛИНЕЙНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПО ПРИЗНАКУ
«НИЗКАЯ УБОРОЧНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗЕРНА»****О. Н. Панфилова**, кандидат сельскохозяйственных наук, директор**Е. В. Чугунова**, старший научный сотрудник**Ю. А. Авилова**, старший научный сотрудник**С. Н. Дерунова**, старший научный сотрудник*Поволжский филиал ФГБНУ ВНИИОЗ**п. Учхоз, Урюпинский район, Волгоградская область*

Дата поступления в редакцию 20.08.2022

Дата принятия к печати 18.04.2022

Актуальность. В современной селекционной работе по изучению новых гибридов кукурузы для получения генетического разнообразия важную роль имеет создание синтетических популяций. Синтетики имеют большое значение и используются в качестве источника ценной зародышевой плазмы для селекции новых гибридов с улучшенными хозяйственными признаками. В статье приведены результаты исследований по созданию новых раннеспелых и среднеранних инцухт-линий из межлинейных популяций. В период с 2014 г. по 2020 г. в Поволжском филиале ФГБНУ ВНИИОЗ были заложены 2 (два) изолированных участка из 12 линий каждый, в двух группах спелости, раннеспелой и среднеранней, с целью получения новых инцухт-линий по признаку «низкая уборочная влажность зерна». В первый год на 2 (двух) изолированных участках был посеян набор инцухт-линий со средней уборочной влажностью зерна в популяции 16,3 %, с вариацией от 14,1% до 18,3 % в ранней группе, и от 18,4 % до 20,3 % в среднеранней группе при среднем значении 19,4 %. После отбора растений для дальнейшей работы генотипы оценивались по фенотипическим, морфологическим и генеративным признакам. В результате ежегодных жестких выбраковок образцов с нежелательными признаками и принудительным самоопылением под изоляторами, в течение 5 лет получены новые константные линии. **Результаты и выводы.** На основании проведенных исследований удалось выделить по 9 новых инцухт-линий из каждой группы с более низкой уборочной влажностью зерна. В раннеспелой группе от 11,1 % до 14,7 %, при среднем значении по группе 13,1 %, это ниже исходных значений в популяции на 3,2 %. В среднеранней группе была получена влажность 14,4 %, что ниже на 5 % от исходных показателей популяции. Новые линии имеют более короткий межфазный период от цветения початков до полной спелости зерна, в обеих группах на 3 суток. Новые генотипы обладают довольно высокой продуктивностью зерна в расчёте на 1 (одно) растение и высокий выход зерна с початка. В раннеспелой группе высокой продуктивностью отмечены: ЛП 39 (52,4 г), ЛП 45 (54,0 г), ЛП 46 (64,3 г), ЛП 47 (57,8 г), ЛП 48 (61,4 г). Высокий выход зерна был у линий: ЛП 24 (75 %), ЛП 39 (72,7 %), ЛП 47 (73,7 %), ЛП 46 (75,0 %). В среднеранней группе по признаку продуктивности зерна выделены: ЛП 18 (57,0 г), ЛП 28 (59,3 г), ЛП 44 (61,1 г), ЛП 55 (67,5 г). По выходу зерна отмечены: ЛП 18 (80,0 %), ЛП 20 (75,0 %), ЛП 44 (80,8 %), ЛП 55 (75,0 %). Полученные новые инцухт-линии будут использованы для создания новых межлинейных гибридов кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, популяции кукурузы, инцухт-линии кукурузы, уборочная влажность зерна, межлинейные популяции кукурузы.

Цитирование. Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Авилова Ю. А., Дерунова С. Н. Создание новых инцухт-линий кукурузы на основе межлинейных популяций по признаку «низкая уборочная влажность зерна». *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 134-140. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-16.

Авторский вклад. Все авторы исследования принимали участие в создании и оценке нового полученного материала. Все авторы ознакомились с представленным окончательным вариантом работы и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В повышении генетического разнообразия кукурузы особая роль принадлежит синтетическим популяциям [3, 5, 12].

Синтетики имеют большое значение в качестве источников ценной зародышевой плазмы для выведения новых гибридов с улучшенными хозяйственно-ценными признаками [13, 16].

По мнению М. И. Хаджинова, популяции наиболее пригодны для селекции на определённые признаки: устойчивость к болезням, высокое прикрепление початка, продуктивность, масса початка и другие. Существует множество мнений о путях создания синтетических популяций и количестве составляющих компонентов, необходимых для этого. Johnson D. Q., Russell W. A. считали, что синтетической популяцией является гибрид, в состав которого входит более 4 (четырёх) линий и последующие поколения воспроизводятся путём индивидуального отбора. Некоторые исследователи для создания синтетических популяций использовали до 12 (двенадцати) линий и более (Соколов Б. П.; Хаджинов М. И. и другие).

Новые синтетические популяции могут быть получены как путём свободного переопыления внутри них, так и отбором в них.

В современной селекции этот метод широко используют селекционеры Краснодарского НИИСХ.

Синтетические популяции являются ценным исходным материалом для селекции новых линий. Многие современные исследователи рассматривают синтетики как важнейший исходный материал для расширения генетической плазмы при создании новых инцухт-линий [14]. В синтетиках довольно легко можно объединить генофонд наиболее ценных самоопыленных линий и тем самым увеличить концентрацию желательных генов, главным образом генов с благоприятным аддитивным действием: чем выше частота их в популяции, тем больше вероятность выделений из них лучших линий по нужному признаку [2, 9, 10].

Материалы и методы. Исследования проводили в 2014-2020 гг. на двух изолированных участках на опытном поле Поволжского филиала ФГБНУ ВНИИОЗ.

В 2014 г. был посеян набор инцухт-линий по 12 (двенадцать) линий в раннеспелой группе и в среднеранней.

В пределах популяции в первый год было естественное свободное переопыление генотипов.

В период полной спелости зерна убирали в произвольном порядке, с лучших растений по фенотипу по 120 початков в каждой группе. На следующий год в селекционном питомнике початкорядно высевали по одному ряду, 120 рядов в раннеспелой группе и 120 в среднеранней группе.

После жёсткой выбраковки к 2018 году в ранней группе осталось 72 константные линии, в среднеранней – 88.

В период опыления на 3 (трёх) лучших растениях в пределах ряда проводили принудительное самоопыление под пергаментными изоляторами. Убирали каждый початок отдельно. Полученные после уборки початки высевали в последующем году початкорядно на селекционном поле. В течение 4 лет вели принудительное самоопыление до получения константных линий. Каждый год в полученных популяциях выбирали лучшие генотипы по хозяйственным признакам: фенотипу, устойчивости к болезням и вредителям, длине межфазного периода (цветение початков – полная физиологическая спелость зерна), а главными были контроль уборочной влажности зерна и скорость влагоотдачи зерна от фазы восковой спелости до полной спелости. Влажность в пределах одной линии брали каждые 4 (четыре) дня.

Результаты и обсуждение. Для получения нового генетического материала по признаку «низкая уборочная влажность зерна» с целью дальнейшего использования полученных генотипов в практической селекции отобран исходный материал (инцухт-линий), объединенный в 2 (две) популяции: раннеспелая – 12 линий и среднеранняя – 11 образцов. Подобранные линии отличались не только сравнительно быстрой влагоотдачей, но и другими хозяйственно-ценными признаками: длиной межфазных периодов, от всходов до цветения початков, от всходов до полной спелости зерна [4, 6, 7].

Учитывалось количество дней от фазы цветения початков до полной спелости, замер высоты растений и высоты прикрепления початков, подсчитывали число початков на 1 растении, а главным критерием была уборочная влажность зерна в фазу полной спелости.

В раннеспелой группе исходные линии имели следующие параметры: число дней от всходов до цветения початка колебалось от 51 до 54 дней. В среднеранней группе от 56 до 60 дней. Среднее значение по группам было 52 и 58 дней соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительные результаты по основным признакам между межлинейными популяциями и новыми инцухт-линиями

Table 1 – Comparative results on the main features between interlinear populations and new incucht lines

Группа спелости	Среднее число дней до цветения початков	Число дней от всходов до полной спелости	Разница между популяцией и новыми линиями, дни	Уборочная влажность зерна по группам, %
Межлинейные популяции				
1. Раннеспелая группа	52	102	49	16,3
2. Среднеранняя группа	58	111	53	19,4
Новые инцухт-линии				
1. Раннеспелая группа	49	95	46	13,1
2. Среднеранняя группа	56	107	50	14,4

Длина вегетационного периода составляла в ранней группе линий от 98 до 104 дней, в среднеранней группе – от 108 до 112 дней. При среднем значении в ранней группе 102 дня, среднеранней – 111 дней. Межфазный период от цветения початков до полной спелости в исходной ранней популяции был от 47 до 49 дней, в среднеранней группе – от 51 до 55 дней. В среднем по группам 49 и 53 дня соответственно.

Средняя высота растений в исходной раннеспелой популяции была 1,47 м, в среднеранней – 1,62 м, высота прикрепления початков – 0,43 и 0,53 м соответственно.

Уборочная влажность зерна в популяции раннеспелых линий варьировала от 14,7 % до 19,2 %, средняя влажность по группе была 16,3 %. В среднеранней группе, у исходных образцов влажность была от 18,4 % до 20,4 % при среднем значении по группе 19,4 %.

В результате целенаправленной работы по отбору новых генотипов в течение 5 лет были получены новые сортообразцы с желаемыми признаками: более короткими межфазными периодами от цветения початков до полной спелости, более низкой уборочной влажностью, т.е. за счёт сокращения этого периода была увеличена скорость потери влаги зерном.

Кроме этих признаков, учитывалась устойчивость растений к полеганию и ломкости растений, поражению болезнями и вредителями, толерантность к стрессовым условиям окружающей среды, в частности к возврату весенних холодов и летним засухам [1].

В итоге в каждой группе были выделены по 9 (девять) новых инцухт-линий, обладающих желаемыми признаками, которые будут использованы в селекционной работе. В таблице 2 приведена характеристика новых генотипов по важным признакам, в обеих группах спелости.

В результате проделанной многолетней работы по рекуррентному отбору по желаемым признакам удалось получить генотипы нового типа.

В раннеспелой группе у новых линий число дней от всходов до цветения початков уменьшилось на 3 дня и составило 49 дней.

В среднеранней группе 56 дней, разница была 2 дня (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика новых инцухт-линий

Table 2 – Characteristics of new incucht lines

№	Линии	Число дней от всхо- дов до		Кол-во дней от цветения почат- ка до полного созревания	Уборочная влажность зерна, %	Урожай зерна при 14% влаж- ности с 1 рас- тения, г	Выход зерна, %
		Цветения початка	Полной спелости				
Раннеспелая группа							
1	ЛП 12	48	98	50	14,1	39,6	66,6
2	ЛП 22	48	94	46	11,5	36,5	71,4
3	ЛП 24	50	93	43	14,3	37,4	75,0
4	ЛП 39	50	96	46	13,2	52,4	72,7
5	ЛП 43	49	98	49	12,5	42,0	66,6
6	ЛП 45	48	95	47	13,3	54,0	73,3
7	ЛП 46	48	95	47	14,7	64,3	72,2
8	ЛП 47	49	96	47	13,6	57,8	75,0
9	ЛП 48	48	93	45	11,1	61,4	66,6
Средние по- казатели по группе		49	95	46	13,1		
Среднеранняя группа							
1	ЛП 5	56	106	50	12,7	40,1	66,6
2	ЛП 15	57	106	49	13,5	46,6	66,0
3	ЛП 18	58	107	49	15,7	57,0	80,0
4	ЛП 20	57	108	52	15,0	47,1	75,0
5	ЛП 21	56	106	50	15,9	45,3	72,7
6	ЛП 28	56	108	52	14,7	59,3	71,4
7	ЛП 37	56	108	52	16,2	58,0	70,5
8	ЛП 44	57	110	53	12,1	61,1	80,8
9	ЛП 55	56	106	50	14,0	67,5	75,0
Средние по- казатели по группе		56	106	50	14,4		

Длина периода вегетации в раннеспелой группе выделенных линий составила 95 дней, в среднеранней – 107 дней, это меньше чем в популяциях на 7 и 5 дней соответственно.

Период между цветением початков и полной спелостью зерна в раннеспелых генотипах стал 46 дней, это на 3 дня меньше, чем в популяции, а в среднеранней группе – 50 дней, тоже уменьшился на 3 дня.

Влажность зерна в отобранных инцухт-линиях составила от 11,1 % (ЛП 48) до 14,7 % (ЛП 46), а в целом по раннеспелой группе уровень влажности снизился в сравнении с популяцией на 3,2 %.

В среднеранней группе средняя уборочная влажность у новых линий составила 14,4 %, это на 5 % ниже, чем была в популяции.

Немаловажное значение при создании исходного материала играет продуктивность зерна и выход зерна при обмолоте. Все полученные генотипы были изучены и по этим признакам [8, 11, 15].

В раннеспелой группе высокий урожай зерна с 1-го растения при стандартной влажности имели: ЛП 39 (52,4 г), ЛП 45 (54,0 г), ЛП 46 (64,3 г), ЛП 47 (57,8 г), ЛП 48 (61,4 г).

Сравнительно высокий выход зерна был у ЛП 24 (75,0 %), ЛП 39 (72,7 %), ЛП 47 (73,3 %), ЛП 46 (75 %).

В среднеранней группе по признаку продуктивности зерна выделены: ЛП 18 (57,0 г), ЛП 28 (59,3 г), ЛП 37 (58,0 г), ЛП 44 (61,1 г), ЛП 55 (67,5 г).

По высокому выходу зерна ЛП 18 (80,0 %), ЛП 20 (75,0 %), ЛП 44 (80,8 %), ЛП 55 (75,0 %).

Новые инцухт-линии, выделенные из межлинейных популяций, при создании новых межлинейных гибридов кукурузы будут использованы как доноры хозяйственно-ценных признаков.

Выводы. 1. В результате многолетней работы из межлинейных популяций раннеспелой и среднеранней групп спелости путём рекуррентного отбора были получены новые инцухт-линии с важными хозяйственными признаками: уборочная влажность зерна в фазу полной спелости у новых генотипов уменьшилась в сравнении с исходными значениями в раннеспелой группе на 3,2 %, в среднеранней группе – на 5,0 %. Достигнуто сокращение межфазного периода от цветения початков до полной спелости зерна в обеих группах новых линий на 3 дня.

2. Новые линии в сочетании с низкой уборочной влажностью обладают довольно высокой продуктивностью, высоким выходом зерна с початка и другими полезными свойствами. Новые генотипы будут использованы как доноры в практической селекционной работе.

Библиографический список

1. Адиньяев Э. Д., Хамзатова М. Х. Применение средств интенсификации для реализации биоресурсного потенциала кукурузы в степной зоне Чеченской Республики // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 4. С. 56-63.
2. Влияние отцовских форм на уборочную влажность зерна кукурузы у простых гибридов / О. Н. Панфилова [и др.] // Вестник Воронежского Государственного Аграрного университета. 2018. Т. 11. № 3 (58). С. 54-61.
3. Волков А. И., Прохорова Л. Н., Селюнин В. В. Подбор кукурузных гибридов для no-till технологии // Аграрная Россия. 2021. № 3. С. 7-10.
4. Жужукин В. И., Зайцев С. А., Волков Д. П. Методические подходы в селекции очень ранних (ФАО 100-149) гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье // Аграрная наука. 2018. №6. С. 48-50.
5. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В., Бижоев М. В. Анализ результатов экологического испытания гибридов кукурузы различных групп спелости в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Аграрная Россия. 2021. № 4. С. 15-20.
6. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А., Ионов Е. В. Критерии оценки засухоустойчивости самоопыленных линий кукурузы // Аграрный вестник Урала. 2014. № 11 (129). С. 6-12.
7. Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Дерунова С. Н. Исходный материал для селекции кукурузы на засухоустойчивость // Аграрный научный журнал. 2020. № 2. С. 29-37.
8. Панфилова О. Н., Авилова Ю. А., Чугунова Е. В. Бесплодие, как основной фактор, влияющий на продуктивность зерна гибридов кукурузы на богаре // Кукуруза и сорго. 2018. № 2. С. 14-19.

9. Парпуренко Н. В., Супрунов А. И. Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. 2017. С. 1289-1290.

10. Селекция раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна при созревании / А. И. Супрунов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2016. № 123. С. 113-126.

11. Сотченко В. С. Урожай и уборочная влажность зерна гибридов кукурузы в разных экологических условиях в зависимости от сроков посева // Кормопроизводство. 2019. № 4. С. 26-31.

12. Тарчоков Х. Ш., Дугарлиев Р. М. Кукуруза - в агротехнологиях нового поколения // Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 30-35.

13. Хатефов Э. Б., Аппаев С. П., Шомахов Б. Р. Селекционная ценность редиплоидных линий, выделенных из тетраплоидных популяций кукурузы // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 27-35.

14. El-Rouby M. M., El Sheikh M. H., Awad Allah S. M. Increasing the efficiency of recurrent selection for yield in maize // Alexandria science Exchange Journal. 2017. V. 38 (2). P. 193-202.

15. Heterosis is a systemic property emerging from non-linear genotype-phenotype relationships: evidence from in vitro genetics and computer simulations / J. B. Fievet [et al.] // Front. Genet. 2018. V. 9. P. 159.

16. The genetic basis of haploid induction in maize identified with a novel genome-wide association method / H. Hu, T. Schrag, R. Peis [et al.] // Genetics. 2016. V. 202. P. 1267-1276.

Информация об авторах

Панфилова Ольга Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, директор Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolgl@yandex.ru

Чугунова Елена Васильевна, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolgl@yandex.ru

Авилова Юлия Анатольевна, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolgl@yandex.ru

Дерунова Светлана Николаевна, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolgl@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-17

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ARRANGEMENT OF AGROLANDSCAPES IN THE KALACHEVSKY DISTRICT OF THE VOLGOGRAD REGION

V. A. Silova

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 05.03.2022

Submitted 18.04.2022

Summary

The article is devoted to the results of the assessment of changes in the ecological and economic state, taking into account the application of the proposed anti-degradation forest reclamation measures in agricultural landscapes, reflecting the ecological and economic efficiency of forest reclamation.

Abstract

Introduction. The study of statistical data from the districts of the Volgograd region makes it possible to show the development of key adverse phenomena, the level of ecological stability and tension of agricultural landscapes, their most pronounced progressive soil-ecological aspects. The resulting data-

base will allow us to develop a set of measures for effective protection of the territory. The aim of the study was to study the geoecological features of the arrangement of agroforest landscapes, the processes of functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforest landscape complexes in transitional natural-geographical zones, their assessment in the study area. **Object.** Agricultural landscapes of rural settlements of Kalachevsky district were selected to assess the geoecological efficiency of the territory arrangement. **Materials and methods.** The application of current research technologies with the use of aerospace data in assessing the qualitative state of rural settlements' lands allowed to identify geoecological features and assess the research area. Analyzing statistical data on the purpose of lands occupied by various types of land for the Kalachevsky district, indicators reflecting the ecological stability of landscapes to anthropogenic influence were calculated. The method of calculating the coefficients of intensity of the ecological and economic state and natural protection of the landscape, proposed by B.I. Kochurov, is taken as a basis. **Results and conclusions.** To assess the effectiveness of the proposed measures, rural settlements were formed into homogeneous groups according to the ecological state of the territory. Thus, the first group is distinguished as the most stable and environmentally sustainable, with an indicator of absolute anthropogenic tension (up to $Co = 1.0$), followed by two less balanced territories, which are characterized by an increase in anthropogenic tension and lower values of environmental stability. The ranking of the considered rural settlements of the district demonstrates the existing state of the territory and will allow you to select the necessary list of forest reclamation measures.

Key words: agrolandscape, catchment area, geomorphometric characteristics, slope exposure, soil erosion.

Citation. Silova V. A. Geoecological assessment of the arrangement of agrolandscapes in the Kalachevsky district of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 140-147 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-17.

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

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

УДК 528.7:551.43:631.459

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБУСТРОЙСТВА АГРОЛАНДШАФТОВ КАЛАЧЕВСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. Силова, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 05.03.2022

Дата принятия к печати 18.04.2022

Актуальность. Исследование материалов статистических данных районов Волгоградской области позволяет наблюдать развитие ключевых неблагоприятных явлений, уровень экологической стабильности и напряженности агроландшафтов, наиболее выраженные их прогрессирующие почвенно-экологические аспекты. Результирующая база данных позволит разработать комплекс мер по эффективной защите территории. Целью исследования стало изучение геоэкологических особенностей обустройства агролесоландшафтов, процессов функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, их оценка на территории исследования. **Объект.** Для оценки геоэкологической эффективности обустройства территории выбраны агроландшафты сельских поселений Калачевского района. **Материалы и методы.** Применение актуальных технологий исследования с использованием аэрокосмических сведений при оценке качественного состояния земель сельских поселений позволило выявить геоэкологические особенности и оценить территорию исследования. Анализируя статистические данные о назначении земель, занятых различными видами земельных

угодий, для Калачевского района рассчитали показатели, отражающие экологическую устойчивость ландшафтов к антропогенному влиянию. За основу взята методика расчета коэффициентов напряженности эколого-хозяйственного состояния и естественной защищенности ландшафта, предложенная Б. И. Кочуровым. **Результаты и выводы.** Для оценки эффективности предложенных мероприятий сельские поселения сформированы в однородные группы по экологическому состоянию территории. Так, выделяется первая группа как наиболее стабильная и экологически устойчивая, с показателем абсолютной антропогенной напряженности (до $K_0=1,0$), далее – две менее сбалансированные территории, которые характеризуются ростом антропогенной напряженности и меньшими значениями экологической стабильности. Ранжирование рассмотренных сельских поселений района демонстрирует существующее состояние территории и позволяет подобрать необходимый перечень лесомелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: агроландшафты, водосборы, геоморфометрические характеристики ландшафтов, экспозиция склонов, эрозия почв.

Цитирование. Силова В. А. Геоэкологическая оценка обустройства агролесоландшафтов Калачевского района Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 140-147. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-17.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ввиду различного природного и антропогенного воздействия наибольшую антропогенную нагрузку на агроландшафты испытывает на себе почва. Для снижения этой нагрузки необходимо научно-методическое обеспечение, основанное на современных исследованиях.

Оценка качественного состояния угодий и порядок их использования должны базироваться на новейшем картографическом обеспечении, позволяющем оценить исследуемую территорию с максимальной точностью в короткие сроки, и на основе этой информации разрабатывать соответствующую модель защиты и восстановления деградированных компонентов, а также планировать социально-экономические мероприятия. Научные исследования по анализу обустройства агролесоландшафтов на основе геоинформационных технологий актуальны в связи с растущей антропогенной нагрузкой и интенсификацией использования земель.

Большая часть лесных насаждений располагается по периметру районного центра г. Калач-на-Дону, что оказывает благоприятное влияние на высокую эффективность почв и создание наилучших условий агроценоза.

Основная часть территории данного региона представлена землями сельскохозяйственного назначения – 326 104,3 га, что составляет свыше 70 % от общей площади земель. Вовлеченность земель в активную сельскохозяйственную деятельность составляет 54 %. Среднегодовое количество осадков – около 350 мм. Гидротермический коэффициент равен 0,65-0,8. Коэффициент увлажнения при соответствующем количестве атмосферных осадков составляет около 0,51.

Природные особенности района с достаточно благоприятными условиями для растениеводства и животноводства обусловили то, что в структуре земельного фонда 2/3 земель (54,6 тыс. га) отведено для нужд сельского хозяйства.

Для геоэкологической оценки обустройства агроландшафтов составлена шкала индексов и деградационной опасности в границах Калачевского района. Суммарный индекс деградации составляет 181,5, на территории исследуемого района широко рас-

пространены такие формы негативных процессов, как солонцеватость и ветровая эрозия, сильно- и среднеэродированные земли. Более 70,0 % площади сельскохозяйственных угодий подвержено эрозионным процессам [3].

Материалы и методы. Оценку экологической эффективности предложенных мероприятий провели по расчету эколого-хозяйственной напряженности сельских поселений. Чтобы провести анализ экологической эффективности, можно воспользоваться методикой Кочурова Б. И. и провести расчет эколого-хозяйственной напряженности территорий в выбранном районе Волгоградской области [2, 4].

Показатели отражают уровень сбалансированности территориальной структуры отдельной рассматриваемой территории.

Отмечается ранжирование категорий земель по уровню их антропогенной нагрузки и рассчитывается как соотношение застроенных территорий возделываемых угодий к неиспользуемым и используемым в естественном виде территорий. Так, сбалансированные и экологически устойчивые территории с коэффициентом напряженности до 1 – в них экологическая напряженность отсутствует. Далее напряженность растет: 1,0-2,0 – слабая; 2,0-3,0 – средняя; 3,0-4,0 – высокая и более 4,0 – сильная.

Стабильная экологическая обстановка может сложиться только благодаря цельной устойчивой системе, включающей естественные и искусственные урочища, а также застроенную территорию. Так, на примере рассмотренных методик Кочурова Б. И., Павловского Е. С., Петрова В. И., Ворониной В. П. и Кулик А. В. с применением модифицированного коэффициента напряженности эколого-хозяйственной напряженности для сельскохозяйственных регионов была проведена оценка [5].

Принимая за основу статистические данные о распределении земель, занятых различными видами угодий и хозяйственной деятельностью, по методике Б. И. Кочурова для геоэкологических исследований рассчитали показатели, отражающие экологическую устойчивость ландшафтов, устойчивость к антропогенному влиянию.

Результаты и обсуждение. В целом можно отметить средний уровень напряженности в районе, он равен 2,5. На каждой отдельной территории учитывалась доля угодий, находящихся в хозяйственном обороте, показатели застроенности, естественной защищенности и их влияние в целом на агроэкосистемы.

По результатам проведенного анализа выявлено, что в среднем 5,9 % от территории исследуемого региона занимают земли сельскохозяйственного назначения и большая часть их слабо освоена.

При определении экологической стабильности сельских поселений региона исследований лишь одно Ильевское сельское поселение имеет градацию средней экологической стабильности, восемь муниципальных поселений района характеризуются экологической нестабильностью ($K_{эк.ст}$ менее 0,33), а о территориях Береславского, Зарянского и Крепинского поселений можно сказать, что они неустойчиво стабильны. По результатам проведенного анализа выявлено, что в среднем 5,9 % занимают земли сельскохозяйственного назначения, большая часть их слабо освоена.

В районе отмечается средний уровень напряженности, он равен 2,5. Оценка земель Ильевского поселения по степени антропогенной нагрузки составила 2,64. На карте эрозии почв выделены следующие категории: слабая, средняя и сильная.

Так была рассчитана экологическая стабильность сельских поселений Калачевского муниципального района (таблица 1, рисунок 1).

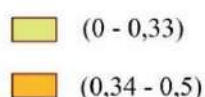
Таблица 1 - Оценка сбалансированности территориальной структуры Калачевского района

Table 1 – Assessment of the balance of the territorial structure of the Kalachevsky district

Наименование сельских поселений / Name of rural settlements	Ko/ Cd	Ka/ Ca	Кез/ Cnp	Кэст/ Cens	Кант/ Cant
Береславское	0,04	0	0,17	0,31	3,68
Бузиновское	0,01	0	0,07	0,24	3,90
Голубинское	0,01	0,23	0,14	0,31	3,45
Зарянское	0,07	13,18	0,26	0,44	4,23
Ильевское	0,02	0,01	0,38	0,38	1,32
Крепинское	0,01	0	0,18	0,39	3,63
Логовское	0,02	0,76	0,10	0,27	3,63
Ляпичевское	0,03	3,7	0,11	0,28	3,69
Мариновское	3,11	1,17	0,06	0,11	1,04
Приморское	0,03	2,19	0,08	0,24	3,62
Советское	0,11	5,97	0,17	0,31	3,55
Пятиизбянское	0,02	0,28	0,09	0,19	2,16



М 1:700000



М 1:700000

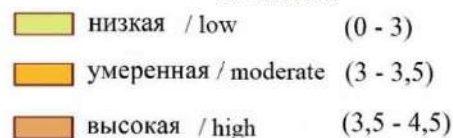


Рисунок 1 – Оценка сбалансированности территориальной структуры Калачевского района
а) по экологической стабильности б) по антропогенной нагрузке

Figure 1 – Assessment of the balance of the territorial structure of the Kalachevsky district
a) environmental stability b) anthropogenic load

Проведенная оценка сбалансированности агролесоландшафта позволяет характеризовать соответствие антропогенной нагрузки его устойчивости, экологическую уравновешенность его компонентов, что позволит создать благоприятную оптимальную структуру агроэкосистемы.

Чтобы анализировать эффективность предложений, сформированы однородные по экологическому состоянию территориальные группы. Расчетные показатели сбалансированности коэффициентов экологической стабильности, антропогенной нагрузке, естественной защищенности отражают уровень экологической напряженности каждой из оцениваемой территории сельских поселений (рисунок 2).

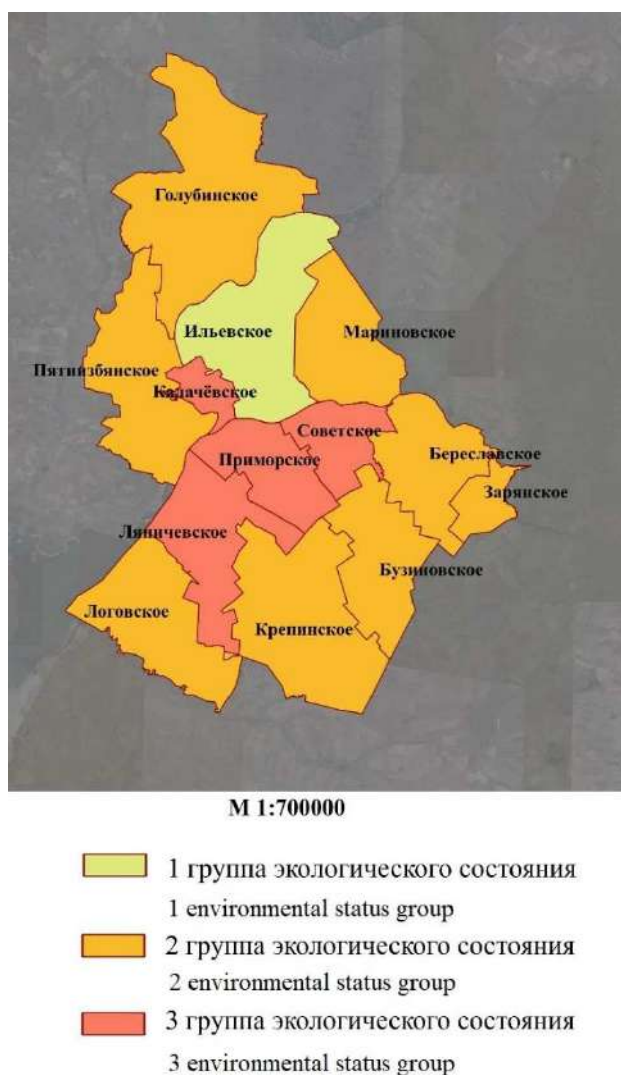


Рисунок 2 – Картограмма напряженности экологического состояния сельских поселений Калачевского района

Figure 2 – Cartographic diagram of the intensity of the ecological state of rural settlements of the Kalachevsky district

В целом можно отметить средний уровень напряженности в районе, он равен 2,5. Оценивая степень сбалансированности в Калачевском районе в целом как средний, имеем в виду 8 сельских поселений, вошедших во вторую группу ранжирования экологического состояния для Калачевского муниципального района.

Анализ качественного состояния земель Калачевского района отразил экологическую напряженность территории, губительное положение сельскохозяйственных угодий, рост и развитие эрозионных процессов и неустойчивость агроландшафтов.

Земли площадью 110,8 тыс. га пригодны для сельскохозяйственного оборота, они составляют 34,1 % от всей территории земель сельскохозяйственного назначения. Естественные угодья, малопригодные для распашки, предназначенные для пастбы и сенокосения, составили 185,7 тыс. га (5,7 %) сельскохозяйственных угодий. непригодные для сельскохозяйственного использования земли площадью 17,1 тыс. га (2,3 % соответственно) тоже находятся в сельскохозяйственном обороте.

Преобладают почвы, которые относятся к первой категории, это каштановые почвы маломощные и среднемощные среднесуглинистого и легкосуглинистого гранулометрического состава.

Выводы. Проведенный анализ состояния земель и космоснимков территории исследуемого Калачевского муниципального района позволил провести ранжирование на территориальные группы сельских поселений по экологическому состоянию и выявить экологическую напряженность агроландшафтов, низкую естественную защищенность. Результаты позволяют сделать выводы о том, что существующие лесные насаждения не выполняют своих функций, сельскохозяйственные угодья нуждаются в противоэрозионных мероприятиях, создании новых и реконструкции существующих защитных лесных насаждений.

Ильевское сельское поселение имеет показатель, который свидетельствует о экологически стабильной устойчивой структуре угодий. Это объясняется тем, что сельское поселение характеризуется достаточной естественной и защитной лесистостью территории.

Многих негативных последствий мелиорации можно избежать или минимизировать их влияние на окружающую среду, если строго руководствоваться действующими нормативными документами при проектировании мелиоративных систем для условий адаптивно-ландшафтного земледелия уже на этапе предпроектной агроэкологической оценки объекта мелиорации.

Оценка экологической эффективности, расчет антропогенного воздействия и эколого-хозяйственной напряженности на агроландшафты демонстрируют трансформацию и деградирование экосистемы, восстановление которой и поддержание в оптимальном и равновесном состоянии требует существенных затрат.

Библиографический список

1. Афонин А. Н., Соколова Ю. В. Эколого-географический анализ и моделирование распространения биологических объектов с использованием ГИС. СПб: Изд-во ВВМ, 2018. 121 с.
2. Горбанев В. А., Кочуров Б. И. Проблемы территориального районирования России: национальные и международные аспекты // Вестник МГИМО-Университета. 2018. № 4. С. 23-54.
3. Кулик К. Н. Защитные лесные насаждения – основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. №. 1. С. 18-21.
4. Кулик К. Н., Рулев А. С., Кошелева О. Ю. Почвенный покров урбанизированных территорий: идентификация и картографирование по космическим снимкам // Проблемы региональной экологии. 2015. № 3. С. 121-126.
5. Методика проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия. М.: Россельхозакадемия. 2010. 85 с.
6. Хабарова И. А., Непоклонов В. Б. Деградация земель юга Российской Федерации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2017. Т. 61. № 2. С. 111-115.
7. Denisova E. V., Silova, V. A. The current state analysis of the agro-forest landscape components based on the geoinformational systems usage // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. P. 052062.

8. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier Academic Press. 2012. 379 p.

9. Kuzmina Zh. V., Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A. Main Tendencies in the Dynamics of Floodplain Eco-systems and Landscapes of the Lower Reaches of the Syr Darya River under Modern Changing Conditions // *Arid Ecosystems*. 2019. V. 9. No 4. P. 226-236.

10. Solutions of problems in defining indicators of agricultural land within the framework of activities for the implementation of the concept of development monitoring in the Russian Federation / S. N. Volkov [et al.] // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. 2017. V. 17. No 5. P. 819–828.

Информация об авторе

Силова Виктория Александровна, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), E-mail: viktoriatem@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-18

PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS AND SOIL FERTILITY IN CROPPING ROOM IN THE CHERNOZEM OF THE SOUTHERN URALS

V. Yu. Skorokhodov, Yu. V. Kaftan, D. V. Mitrofanov, A. A. Zorov

*Federal State Budget Scientific Institution
«Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences», Orenburg*

Received 07.04.2022

Submitted 25.05.2022

The study was conducted in accordance with the research for 2022-2024 (No. 0526-2022-0014)

Abstract

Introduction. The primary task of modern agriculture is the preservation and increase of soil fertility due to the organic matter of various agrocenoses. In the conditions of modern agriculture, with a deficit of manure and a high price for mineral fertilizers, biological methods of increasing soil fertility with ensuring a deficit-free balance of humus, that is, the use of green manure, are becoming most relevant. When growing sweet clover in green manure fallow, you can get a fairly high yield of hay and biomass. **Object.** The object of the study is four crop rotations with different types of fallow and soil samples under the variants of experiments. The purpose of the study is to establish the effect of intermediate crops and green manure fallow on increasing soil fertility and productivity of crop rotations on southern chernozems. **Materials and methods.** In the experiment, research methods are used: field, thermostatic-weight, ionometric, Tyurin and Machigin. **Results and conclusions.** As a result of plowing sweet clover green manure, there is an increase in humus in the soil, as well as macronutrients, especially nitrogen, thereby increasing soil fertility in the whole crop rotation. On average, for the 2015-2020 years of the experiment, it was established that sweet clover as green manure provides a positive humus content, enriching the soil with biological nitrogen up to 232 kg, phosphorus up to 104 kg/ha. In the research work, productivity was determined in six-field crop rotations with soil-protective and occupied fallows, where additional products were obtained in the form of green mass of Sudanese grass and sweet clover for hay at a yield of 11.4 and 7.50 t/ha, respectively. The experiment noted the productive use of precipitation in the autumn-winter and spring periods by especially busy sweet clover and soil-protective fallows, as well as soil protection from erosion.

Key words: yellow sweet clover, fallow, green manure, productivity, fertility, crop rotation.

Citation: Skorokhodov V. Yu., Kaftan Yu. V., Mitrofanov D. V., Zorov A. A. Productivity of field crops and soil fertility in cropping room in the chernozem of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 147-153 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-18.

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

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

УДК 631.524.84:631.452(470.56)

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ
В СЕВООБОРОТАХ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ЮЖНОГО УРАЛА****В. Ю. Скороходов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник**Ю. В. Кафтан**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник**Д. В. Митрофанов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник**А. А. Зоров**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудникФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и
агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 07.04.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Исследование проведено в соответствии с НИР на 2022–2024 гг. (№ 0526-2022-0014)

Актуальность. Первоочередной задачей современного земледелия является сохранение и повышение почвенного плодородия за счёт органического вещества различных агроценозов. В условиях современного земледелия при дефиците навоза и высокой цены на минеральные удобрения наибольшую актуальность приобретают биологические приёмы повышения почвенного плодородия с обеспечением бездефицитного баланса гумуса – то есть использование сидерации. При выращивании донника в сидеральном паре можно получить достаточно высокий урожай сена и биомассы. **Объектом исследования** являются четыре севооборота с различными видами пара и почвенные образцы под вариантами опытов. **Цель** исследования состоит в установлении влияния промежуточных культур и сидерального пара на повышение плодородия почвы и продуктивности севооборотов на южных чернозёмах. **Материалы и методы.** В эксперименте применяются методы исследования: полевой, термостатно-весовой, ионометрический, Тюрина и Мачигина. **Результаты и выводы.** В результате запашки донникового сидерата происходит увеличение гумуса в почве, а также макроэлементов питания, особенно азота, тем самым повышается плодородие почвы в целом по севообороту. В среднем за 2015–2020 годы эксперимента установлено, что донник в качестве сидерата обеспечивает положительное содержание гумуса, обогащает почву биологическим азотом до 232 кг, фосфором – до 104 кг/га. В научно-исследовательской работе определена продуктивность в шестипольных севооборотах с почвозащитным и занятым парами, где получена дополнительная продукция в виде зелёной массы суданской травы и донника на сено при урожайности 11,4 и 7,50 т/га соответственно. В эксперименте отмечено продуктивное использование осадков осенне-зимнего и весеннего периодов, особенно в севооборотах, занятых донником и почвозащитными парами, а также улучшилась защита почвы от эрозии.

Ключевые слова: жёлтый донник, занятый пар, сидераты, продуктивность полевых культур, севообороты.

Цитирование. Скороходов В. Ю., Кафтан Ю. В., Митрофанов Д. В., Зоров А. А. Продуктивность полевых культур и плодородие почвы в севооборотах на чернозёмах Южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 147–153. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-18.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Воспроизводство гумуса в почве достигается за счёт накопленного органического вещества, создаваемого различными агроценозами [2].

Основная часть элементов питания в земледельческих комплексах выносятся из почвы с урожаем, особенно однолетними культурами. Нарушение системы земледелия привело к падению плодородия почвы. Одним из дешёвых средств стабилизации почвен-

ного плодородия является использование соломы зерновых и культуры, возделываемой на сидерат. Сидераты являются наиболее дешёвым экологически выгодным и перспективным органическим удобрением [3].

Увеличение температуры воздуха при обильном увлажнении почвы превращает продукт разложения сидеральной массы в стабильный гумус. В условиях ограниченного применения органо-минеральных удобрений выращивание донника в системе полевых севооборотов стабилизирует содержание гумуса [4]. В засушливых условиях Приуралья и Поволжья с характерными климатическими условиями, солонцовыми комплексами наиболее приемлемой культурой в качестве сидерата является двулетний донник. Как предшественник для яровой пшеницы донник представляет большую значимость при использовании его в качестве сидеральной культуры. Донниковый пар по своему действию на урожай яровой пшеницы имеет существенное преимущество перед чистым паром [9].

В засушливых условиях растения донника жёлтого характеризуются развитием мощной глубоко проникающей корневой системы, являются устойчивыми к засухе и накапливают до 150 кг/га почвенного азота за вегетацию, что соизмеримо с внесением 30 т навоза на 1 га [1]. В опыте Постникова Д. А. донник жёлтый в слое 0-30 см оставил после себя 9,9 т/га растительных остатков, в результате чего в почву поступило 160,4 кг/га азота и 29,7 кг/га фосфора [6]. В исследованиях Лукина С. В. урожайность яровой пшеницы по доннику превысила на 0,16 т/га полученную в тех же условиях по кукурузе [5]. На засоленных участках чернозёмов Оренбуржья при возделывании донника двулетнего на сено в пахотном слое почвы остаётся 17,5 т на 1 га корней, что в органическом веществе соизмеримо с 50 т навоза на 1 га [10]. В засушливых условиях Оренбургской области при запашке сидеральной массы донника увеличивается содержание нитратного азота до 118 мг/кг почвы и образуется более 2 т/га активного гумуса, что обеспечивает прибавку общего гумуса на 0,08 % [7].

В условиях современного земледелия при дефиците навоза и высокой цены на минеральные удобрения наибольшую актуальность приобретают биологические приёмы повышения почвенного плодородия с обеспечением бездефицитного баланса гумуса, то есть использование сидерации. Изучением сидеральных культур занимаются многие исследователи [11, 12].

Цель исследования заключается в выявлении влияния промежуточных культур и сидерального пара на повышение плодородия почвы и продуктивность севооборотов на южных чернозёмах Южного Урала.

Материалы и методы. Материалы по эффективности двулетнего донника получены по результатам исследования 2015-2020 годов. Эксперимент проводился на долготном стационаре с севооборотами и монопосевами в отделе земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН». Координаты 55.306547° в.д. и 51.775125° с.ш. Почва: чернозём южный карбонатный среднесиловый тяжёлого механического состава с содержанием гумуса (в слое 0-30 см почвы) 3,2...4,0 %, общего азота – до 31 %, общего фосфора – 0,14...0,22 % и обменного калия – 30...38 мг на 100 г почвы, реакция pH = 7,0...8,1.

В научно-исследовательской работе применяется полевой метод исследования. В качестве объекта исследования выступают четыре севооборота с различными видами пара. Схема опыта включает чередование культур в шестипольных севооборотах: ячмень – (паровое поле) – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница – просо – яровая мягкая пшеница. Первый севооборот – с чёрным паром, второй – с почвозащитным (занятым суданкой) паром, третий – с занятым донником (сидерат) паром, четвёртый – с занятым донником (на сено) паром.

Размеры опытных делянок составляют 14,4 x 90 м первого порядка, 7,2 x 90 второго порядка. В изучаемых севооборотах проводилась глубокая культурная вспашка для заделки зелёного удобрения в сидеральном пару. В почвозащитном пару после уборки суданской травы проводилась плоскорезная обработка.

В занятом пару в качестве сидерата и на сено использовался донник жёлтый двулетний. Высевается под покров ячменя рано весной рядовым способом с нормой посева 7 млн шт./га семян с предварительной скарификацией. Норма высева семян ячменя снижалась на 20-25 %. После посева ячменя поле прикатывалось и на нём высевался донник. Посев проводился на глубину 3-4 см сеялкой СЗП-3,6 с последующим прикатыванием. Для повышения зимостойкости донника высота среза покровной культуры не должна быть меньше 20-25 см.

Сидеральная масса донника измельчалась и запахивалась в фазу бутонизации – цветения культуры. В опыте использовались сорта: Оренбургская 10 (твёрдая пшеница), Учитель (мягкая пшеница), Бродская 2 (суданская трава), Золотистый (донник жёлтый), Анна (ячмень), Оренбургское 20 (просо). Учёт урожайности зерновых проводили комбайном «Сампо 500». Учётная площадь зерновых – 180 м². Зелёную массу учитывали вручную, используя метод пробных площадок в 10 точках по 1 м².

В полевых условиях проводили наблюдения за выпавшими атмосферными осадками с помощью осадкомера. В лабораторных условиях продуктивную влагу в почве определяли термостатно-весовым методом. Фракционный состав гумуса в почве определяли по Тюрину, а содержание макроэлементов питания находили ионометрическим методом и по Мачигину. В научно-исследовательской работе все наблюдения, учёты, анализы и отборы почвенных образцов проведены по рекомендуемым методикам.

Результаты и обсуждение. В наших исследованиях урожайность зелёной массы донника в среднем за 2015-2020 гг. составила 7,70 т/га. Корневых остатков в пахотном слое почвы по различным видам паров содержалось от 2,55 до 2,83 т/га (таблица 1). Всего поступило в почву органического вещества донника 8,01 т/га.

Таблица 1 – Поступление органического вещества и элементов питания в почву (2015-2020 гг.)
Table 1 – The supply of organic matter and nutrients to the soil (2015-2020)

Вид пара	Сухая масса корней и пожнивные остатки, т/га	Макроэлементы, кг/га		
		азот	фосфор	калий
Почвозащитный (занятый суданской травой)	2,55	161	82,7	174
Занятый донниковый (сидеральный)	2,83	232	104,5	200
Занятый донниковый (на сено)	2,63	232	90,4	182

Наибольшее поступление в почву макроэлементов наблюдалось в занятом сидеральном пару. Разница по сравнению с другими вариантами составила от 30...71 кг азота, 14...22 кг фосфора, 18...26 кг на 1 га калия. Это объясняется, прежде всего, тем, что при запашке сидеральной массы донника в почву происходит увеличение элементов питания, особенно азота. Вследствие этого плодородие почвы повышается. Содержание гумуса в зернопаровом, почвозащитном, сидеральном и занятом севооборотах по всем вариантам опыта за ротацию увеличивается на 0,07, 0,30, 0,35 и 0,32 % с исходным его содержанием (таблица 2).

Следует отметить, что содержание макроэлементов в шестипольных севооборотах по всем вариантам в конце ротации увеличивается (азота на 2,3...7,7, фосфора 0,3...2,0, калия 1,0...3,6 мг/100 г почвы). Это прежде всего связано с тем, что при запашке зелёной массы сидератов и корневых остатков, а также оставление соломы и стерни происходит сохранение и даже увеличение плодородия почвы. В среднем за ротацию урожайность твёрдой пшеницы составляла от 0,70 до 0,79 т/га.

Наибольшая урожайность отмечалась на ячмене по севообороту с чёрными и почвозащитными парами и составила 1,14 и 1,15 т/га соответственно. Ячмень по урожайности с занятым паром с донником незначительно уступал – на 0,09 и 0,12 т/га.

Самая высокая урожайность яровой мягкой пшеницы отмечена по севообороту с почвозащитным паром после предшественника просо и составила 1,10 т/га (таблица 3). Урожайность проса в среднем за шесть лет составила 1,01-1,10 т/га. Реакция его на предшественники одинакова вне зависимости от вида пара.

Таблица 2 – Содержание гумуса и почвенных питательных элементов в начале и конце ротации шестипольных севооборотов (2015-2020 гг.)

Table 2 – Content of humus and soil nutrients at the beginning and end of rotation of six-field crop rotations (2015-2020)

Севооборот	Гумус, %	Почвенные питательные элементы, мг/100 г		
		NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
В начале ротации				
Зернопаровой (контроль)	4,85	8,6	4,9	43,3
Почвозащитный	4,83	7,9	4,4	41,1
Занятый донниковый	4,87	8,3	4,5	40,8
Занятый донниковый (на сено)	4,82	8,3	4,5	40,8
В конце ротации				
Зернопаровой (контроль)	4,92	12,9	5,2	45,9
Почвозащитный	5,13	10,2	6,4	43,0
Занятый донниковый (сидеральный)	5,22	16,0	4,8	44,4
Занятый донниковый (на сено)	5,14	14,5	4,9	41,8

Таблица 3 – Урожайность зерновых культур (2015-2020 гг.), т/га

Table 3 – Grain crop yields (2015-2020), t/ha

Культура севооборота и вид пара	Вид пара			
	чёрный	почвозащитный	занятый донником (сидеральный)	занятый донником (на сено)
Почвозащитный	-	11,4/2,28	-	-
Занятый (донниковый)	-	-	7,70/1,46	7,50/1,43
Яровая твёрдая пшеница	0,79/1,00 ^a	0,74/0,94	0,70/0,89	0,71/0,90
Яровая мягкая пшеница	0,91/1,16	0,88/1,12	0,85/1,08	0,87/1,11
Просо	1,10/1,08	1,07/1,05	1,01/0,99	1,05/1,03
Яровая мягкая пшеница	1,03/1,31	1,10/1,41	0,91/1,16	0,95/1,22
Ячмень	1,14/1,31	1,15/1,32	1,05/1,20	1,03/1,18
Продуктивность севооборота с 6 га, т/га	4,97/5,9	16,3/8,1	4,52/7,0	12,1/7,1

^a перед чертой - урожайность т/га, после черты - урожайность в кормовых тыс. ед.

Наибольшая продуктивность севооборотов наблюдалась по почвозащитному и занятому донником (на сено) севооборотах и составила (8,1-7,1 кормовых тыс. ед.) за счёт полученной дополнительно кормовой продукции в виде зелёной массы суданской травы и сена при урожайности 11,4 и 7,50 т/га.

Наиболее слабым местом в севообороте в эрозионном отношении является паровое поле, в котором с пашни сносится большое количество питательных веществ. Запашка сидеральной массы способствует выворачиванию на поверхность почвы нижнего оструктуренного слоя, повышающего комковатость до 60 %. Обработка почвы плоскорезными орудиями в почвозащитном пару обеспечивает сохранение стерни суданской травы более 70 %. Исследование занятых паров в севообороте придаёт устойчивость к ветровой и водной эрозии [8].

Отмечено продуктивное использование осадков осенне-зимнего и весеннего периодов, где почвозащитный и занятые донником пары хорошо поглощают талые воды, тем самым предотвращают сток и смыв почвы (таблица 4).

Таблица 4- Накопление продуктивной влаги в почве и усвоение осадков различными видами пара (2015-2020 гг.)

Table 4- Accumulation of productive moisture in the soil and assimilation of precipitation by various types of steam (2015-2020)

Вид пара	Накопление продуктивной влаги в слое 0-150 см, мм		Усвоение осадков, %
	После заделки сидератов	перед посевом твердой пшеницы	
Чёрный (контроль)	181	212	31
Почвозащитный	108	215	107
Занятый (донниковый)	80	208	128
Занятый (донниковый на сено)	96	210	114

В результате исследования выявлено, что выпавшие осадки в почвозащитном и занятом донником парах эффективно усваиваются, поэтому к посеву яровой твердой пшеницы продуктивная влага по всем видам пара выравнивается.

Выводы. Занятые пары в степной зоне надёжно защищают почву во второй половине лета от эрозии, продуктивно используют осадки осенне-зимнего и весеннего периодов парования. В результате заделки донникового сидерата происходит увеличение гумуса в почве, а также макроэлементов питания, особенно азота, тем самым повышается плодородие почвы в целом по севообороту. Наибольшая продуктивность севооборотов отмечалась по почвозащитному и занятому донником парам за счёт получения дополнительной кормовой продукции в виде зелёной массы суданской травы и донника на сено.

Библиографический список

1. Горянин О. И., Щербинина Е. В., Медведев И. Ф. Влияние технологических систем на агрофизические свойства почвы в степи // Заволжья Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 3-9.
2. Дедов А. А., Несмеянова М. А., Дедов А. В. Влияние темпов разложения растительных остатков на наибольшее органическое вещество почвы и урожайность культур севооборота // Земледелие. 2017. № 4. С. 6-9.
3. Дзюин А. Г., Дзюин Г. П. Последствия сидератов и соломы в севообороте // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 6. С. 38-42.
4. Жарова Т. Ф. Биологические приёмы повышения плодородия почвы и урожайности яровой пшеницы // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 7. С. 161-166.
5. Лукин С. В. Биологизация земледелия в Белгородской области: итоги и перспективы // Достижение науки и техники АПК. 2016. № 30 (7). С. 20-23.
6. Постников П. А. Продуктивность севооборотов при использовании приёмов биологизации // Аграрный вестник Урала. 2015. № 6 (136). С. 20-23.
7. Скороходов В. Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия в условиях степной зоны Южного Урала // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 21-23.
8. Сохранение плодородия и защита почв от эрозии в степной зоне Южного Урала / В. Ю. Скороходов [и др.] // Плодородие. 2021. № 6 (123). С. 22-26.
9. Шрамко Н. В., Вихорёва Г. В. Рациональное использование паров и приёмов биологизации в условиях Верхневолжья // Земледелие. 2015. № 6. С. 23-25.
10. Эффективность применения удобрений на чернозёмах южных Оренбургского Приуралья / Н. А. Максютин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 21-26.

11. Different leguminous pre-crops increased yield of succeeding cereals in two consecutive years Acta / I. Tamm [et al.] // Agriculturae Scandinavica. Section b. Soil & Plant science. 2016. № 66 (7). P. 593-601.

12. Irin I. J., Biswas P.K. Performance of different green manuring crops in Bangladesh // Research in Agriculture Livestock Fisheries. 2021. № 8 (1). P. 25-31.

Информация об авторах

Скороходов Виталий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1), тел. 89068458745, e-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru

Кафтан Юрий Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», (460051, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1), тел. 89878994748, e-mail: yura.kaftan@mail.ru

Митрофанов Дмитрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1), тел. 89878559895, e-mail: dvm.80@mail.ru

Зоров Александр Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, зам. директора - руководитель Оренбургского НИИСХ, ведущий научный сотрудник. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1), тел. 89228293471, e-mail: zorov78@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-19

THE YIELD OF *AGROPYRON* DEPENDING ON WEATHER CONDITIONS, VARIETIES AND METHODS OF SOWING IN THE SOUTH OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA

S.Yu. Turko, L.P. Rybashlykova

*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation
of Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 02.02.2022

Submitted 20.04.2022

The work was carried out on the topic of State task No. 122020100309-0 "Theoretical foundations, basic principles and technologies for improving the effectiveness of protective afforestation and integrated land reclamation on degraded, disturbed and low-productive lands of the arid zone of Russia"

Summary

The productivity of agropyron plants was studied depending on the variety, the method of sowing and the weather conditions of the growing year in the conditions of the Volgograd region, the south of the European territory of Russia.

Abstract

Introduction. In the south of Russia, droughts have become more frequent in recent years, which affected the yield of fodder crops, both in pastures and in hayfields. All types of wheatgrass (*Agropyron*) are of great interest for the creation and restoration of hayfields and pastures in semi-desert and dry steppe regions. Wheatgrass is a perennial spring-type loose bushy cereal, a forage crop, characterized by high productivity and longevity, contains many nutrients in the forage mass, is resistant to pests and diseases, frost and drought resistant, and grows well on light chestnut soils. The purpose of the study is to assess the production potential of wheatgrass plants depending on the variety, sowing method and weather conditions of the growing year in a dry zone. **Object.** The object of the study were wheatgrass species and varieties: *Agropyron cristatum*, *A. cristatum* «Vikrav», *A. fragile* «Innovator» bred by the

North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center. **Materials and methods.** We used a randomized block scheme with a factor arrangement of 1.75x3.6 m with three sowing methods (solid with the number of plants 700 pcs/m² and wide-row, 45 cm with the number of plants 440 pcs/m² and wide-row, 70 cm with the number of plants 440 pcs/m² in triplicate. Observations on growth, development and yield were carried out according to an integrated approach developed by V.I. Petrov, V.P. Voronina. Evaluation of the nutritional value of wheatgrass was carried out at the center of the agrochemical service «Volgogradsky». **Results and conclusions.** Productivity of wheatgrass, content protein in the green mass were determined depending on the studied factors. The data obtained showed that in the conditions of the Volgograd region, the south of the European territory of Russia, weather conditions had the greatest impact on the productivity of wheatgrass plants (their share of influence reaches 70%), while the yield of green phytomass varied from 1.2 to 5.9 t/ha depending on varieties and sowing method. Wheatgrass sap is formed in wide-row 70 cm crops, with a yield increase of 0.7 t/ha or 27% compared to conventional continuous sowing.

Key words: *productivity, wheatgrass, variety, pastures, haymaking, sowing method, protein content.*

Citation: Turko S.Yu., Rybashlykova L.P. The yield of *Agropyron* depending on weather conditions, varieties and methods of sowing in the South of the European territory of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 153-161 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-19.

Author's contribution: The authors collected material, processed and analyzed the data, wrote an article.

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

УДК 633.26/29

УРОЖАЙНОСТЬ *AGROPYRON* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ, СОРТОВ И СПОСОБОВ ПОСЕВА НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

С. Ю. Турко, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. П. Рыбашлыкова, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 02.02.2022

Дата принятия к печати 20.04.2022

Работа выполнена по теме Государственного задания №122020100309-0

**«Теоретические основы, базовые принципы и технологии повышения эффективности
защитного лесоразведения и комплексной фитомелиорации на деградированных,
нарушенных и низкопродуктивных землях засушливой зоны России»**

Актуальность. На юге России в последние годы участились засухи, что сказалось на урожайности кормовых культур как на пастбищах, так и на сенокосах. Все виды житняка (*Agropyron*) представляют большой интерес для создания и реставрации сенокосов и пастбищ в полупустынных и сухостепных районах. Житняк – многолетний рыхлокустовой злак ярового типа развития, кормовая культура, отличается высокой продуктивностью и долголетием, содержит много питательных веществ в кормовой массе, устойчив к вредителям и болезням, морозо- и засухоустойчив, хорошо растёт на светло-каштановых почвах. Цель исследования - оценить продукционный потенциал растений житняка в зависимости от сорта, способа посева и погодных условий вегетационного года в условиях засушливой зоны. **Объект.** Объектом исследования были виды и сорта житняка: *Agropyron cristatum*, *A. cristatum* «Викрав», *A. fragile* «Новатор» селекции Северо-Кавказского Федерального научного аграрного центра. **Материалы и методы.** Использовали рандомизированную схему блоков с факторным расположением 1,75x3,6 м и тремя способами посева (сплошной с количеством растений 700 шт./м² и широкорядный, 45 см с коли-

чеством растений 440 шт./м² и широкорядный, 70 см с количеством растений 440 шт./м² в трехкратном повторении. Наблюдения за ростом, развитием и урожайностью проводили согласно комплексному подходу, разработанному В. И. Петровым, В. П. Ворониной. Оценку питательной ценности житняка проводили в центре агрохимической службы «Волгоградский». **Результаты и выводы.** Урожайность житняка, содержание протеина в зеленой массе были определены в зависимости от изучаемых факторов. Полученные данные показали, что в условиях Волгоградской области, юга европейской территории России погодные условия оказали наибольшее влияние на продуктивность растений житняка (их доля влияния достигает 70 %), при этом урожайность зеленой фитомассы варьировалась от 1,2 до 5,9 т/га в зависимости от сортов и способа посева. Наибольшая урожайность фитомассы житняка формируется в широкорядных 70 см посевах, с приростом урожайности 0,7 т/га или 27 % по сравнению с обычным сплошным посевом.

Ключевые слова: урожайность житняка, сорта житняка, способы посева житняка, содержание протеина.

Цитирование: Турко С. Ю., Рыбашлыкова Л. П. Урожайность *Agropyron* в зависимости от погодных условий, сортов и способов посева на Юге европейской территории России. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 153-161. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-19.

Авторский вклад: Авторы собрали материал, обработали и проанализировали данные, написали статью.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Повышение продуктивности аридных пастбищ – проблема многогранная и чрезвычайно сложная в силу исключительной жесткости природных условий. В настоящее время сохраняется тенденция ухудшения состояния и деградации природных пастбищ, что приводит к опустыниванию территорий [3, 4, 10].

Чтобы реализовать адаптивный потенциал растений, необходимо использовать биологические возможности различных видов и сортов, приспособленных к негативным условиям жизни, а также учитывать их потенциальную продуктивность. Одним из главных приоритетов растений является их устойчивость, выживаемость и приспособляемость к экстремальным условиям засушливой зоны (способность противостоять засухе, морозам, резким перепадам температур и т.д.) [8, 9].

При этом рост потенциальной продуктивности видов кормовых трав выступает как решающее условие увеличения урожайности и разнообразия пастбищ [2]. Повысить уровень реализации генетического потенциала продуктивности кормовых трав можно за счет оптимизации технологии его возделывания, улучшенных элементов растениеводства. Важным элементом технологии выращивания, повышающим индивидуальную продуктивность трав, является оптимальное пространственное и количественное размещение растений на площади, что обусловлено как способом посева, так и густотой растений на единицу площади [5, 7]. Однако результаты исследований разных ученых довольно противоречивы относительно оптимального количества растений на единицу площади, в большинстве случаев это связано с различными почвенно-климатическими условиями выращивания культуры [1].

Наиболее распространенным многолетним злаком в засушливой зоне на каштановых почвах является житняк (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy, *Agropyron cristatum* L., *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult.) [6, 14, 15]. Житняк многолетний – рыхлокустовой злак ярового типа развития, высотой 50-90 см [13], весьма засухоустойчивое растение. Кормовые достоинства сена житняка выше, чем у других злаковых кормовых трав. В этом отношении он уступает только пырею. Используется для создания культурных и сеяных сенокосов и пастбищ в зонах естественного произрастания. Полного развития достигает на второй-третий год после посева. В травостое держится длительное время (до 15 лет). Выпас переносит хорошо, характеризуется хорошей отавностью [12].

Целью данного исследования было изучение продуктивности растений *Agropyron* в зависимости от сорта, способа посева и погодных условий вегетационного года в условиях Волгоградской области, юга европейской территории России.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2014-2018 гг. в условиях естественного увлажнения на экспериментальных площадках, заложенных на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград (48°65' с.ш., 44° 16' в.д.). Объектом исследования были виды и сорта житняка: *Agropyron cristatum*, *A. cristatum* «Викрав», *A. fragile* «Новатор» селекции Северо-Кавказского Федерального научного аграрного центра (г. Михайловск, Ставропольский край). Схема эксперимента также включала такие способы посева, как сплошной и широкорядный (45 см и 70 см). Площадь делянок – 1,75х3,6 м. Почвы пустынно-степного типа, светло-каштановые супесчаные. Содержание гумуса в верхнем горизонте – 0,45–0,48 %, реакция водной вытяжки рН в слое почвы 0–1,5 м – нейтральная (7,0).

Технология выращивания житняка, за исключением изученных элементов, соответствовала зональной системе. Подготовка почвы включала зяблевую вспашку на глубину 25-27 см с предпосевной культивацией и прикатыванием. Посев проводили ранней весной при хорошем увлажнении верхнего горизонта почвы с соблюдением ширины междурядий согласно схеме эксперимента. Глубина заделки семян – 1,5-2,0 см. Норма высева: для сплошных культур – 15-20 кг на 1 га, для широкорядных – 10-12 кг на 1 га, повторность – 3-х кратная. Наблюдения за ростом, развитием и урожайностью проводили согласно комплексному подходу, разработанному В. И. Петровым, В. П. Ворониной [11]. Оценку питательной ценности житняка проводили в центре агрохимической службы «Волгоградский». Метеорологические данные получены с метеостанции г. Волгограда (аэропорт Гумрак). Для анализа метеорологических условий в годы выращивания житняка использовался гидротермический коэффициент увлажнения Т. Г. Селянинова. Корреляционный анализ проводился с помощью программ Excel 2020 и Statistica версии 6.0.

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия в начале вегетационного периода 2014 года (апрель) были вполне благоприятными для растений житняка (осадки выпали в пределах нормы 46,4 мм), но в мае наступила почвенная засуха, выпало всего 18 мм осадков. В июне и июле количество осадков зафиксировано в пределах нормы, но они носили ливневый характер, кроме того, сохранявшаяся повышенная температура воздуха ускорила развитие житняков, что негативно сказалось на формировании урожая. В целом 2014 год был слабозасушливым, урожайность житняка составила в среднем 2,7 т/га для сортов, в том числе житняк гребенчатый – 3,2 т/га, «Викрав» – 1,8 т/га, «Новатор» – 3,1 т/га. Сумма осадков за вегетационный период 2015 составила всего 47 % (82, 4 мм) от климатической нормы, которая составляет 175 мм. Таким образом, 2015 год оказался весьма засушливым (рисунок 1).

Так, средняя урожайность житняка в условиях глубокой засухи 2015 года была на уровне 1,9 т/га, а в разрезе сортов: житняк гребенчатый – 2,1 т/га, «Викрав» – 1,7 т/га, «Новатор» – 2,1 т/га. В 2016 году агрометеорологические условия для формирования урожая житняка были удовлетворительными. Урожайность житняка в 2016 году составила 3,5 т/га, в том числе сортов житняк гребенчатый – 3,7 т/га, «Викрав» – 3,3 т/га, «Новатор» – 3,4 т/га. В засушливом 2017 году (количество осадков за вегетационный период 80,4 мм) средняя урожайность житняка составила 2,0 т/га, в том числе сортов житняк гребенчатый – 2,0 т/га, «Викрав» – 2,1 т/га, «Новатор» – 1,8 т/га. В 2018 году средняя урожайность житняков составила 4,8 т/га, в том числе житняк гребенчатый – 4,8 т/га, «Викрав» – 4,3 т/га, «Новатор» – 5,5 т/га. На высокую облиственность и продуктивность зеленой массы существенное влияние оказали зимняя влагозарядка (осадки холодного периода 245 мм) и вторая половина вегетации (таблица 1).

ГТК / НТС

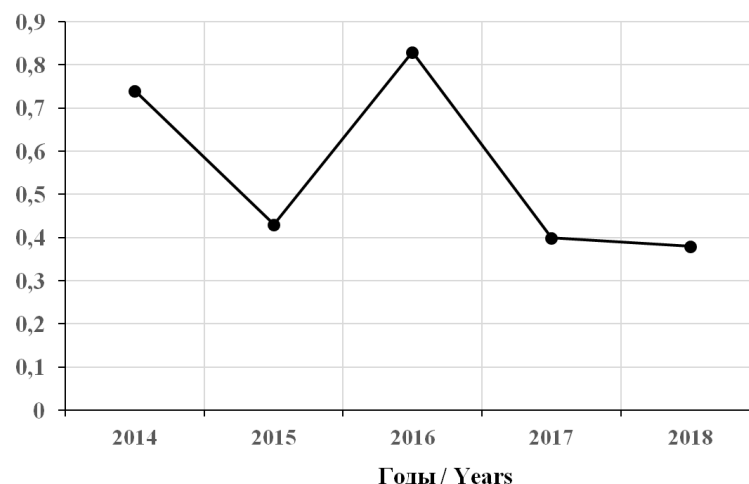


Рисунок 1 – Гидротермические коэффициенты за годы исследований

Figure 1 – Hydrothermal coefficients over the years of research

Таблица 1 – Климатические показатели за 2014–2018 годы исследования

Table 1 – Climate indicators for 2014-2018 research

Метеорологические показатели / Meteorological elements	Год / Year	Апрель / April	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August	Ср. t° / Σ
Температура ($^{\circ}\text{C}$) / Temperature	2014	8,3	19,9	27,4	24,4	26,0	21,2
	2015	9,2	16,5	24,0	24,1	22,9	19,3
	2016	11,3	16,3	21,5	24,5	26,0	20,0
	2017	9,5	15,2	20,2	24,4	26,1	19,1
	2018	10,2	20,6	23,5	26,1	23,8	20,8
	$X \pm S_x$	$9,7 \pm 0,5$	$17,7 \pm 1,1$	$23,3 \pm 1,2$	$24,7 \pm 0,3$	$24,9 \pm 0,7$	
Осадки (мм) / Rainfall (mm)	2014	46,4	18,1	46,9	26,6	29	167
	2015	31,8	7,0	25,8	17,8	0	82,4
	2016	32,3	77,2	73,9	37,1	17,4	237,9
	2017	24,6	23,9	27,6	4,3	0	80,4
	2018	8,0	0	1,0	127,3	0,8	137,1
	$X \pm S_x$	$28,6 \pm 6,2$	$25,2 \pm 13,6$	$35,0 \pm 12,1$	$42,6 \pm 21,8$	$9,4 \pm 5,9$	

Примечание: $X \pm S_x$ - среднее $\pm$ стандартное отклонение; Σ сумма осадков за вегетационный период

Note: $X \pm S_x$ is the mean $\pm$ standard deviation; Σ the amount of precipitation during the growing season

Урожайность травостоя, особенно в весенне-летний период, на 70 % зависит от количества продуктивной влаги на начало вегетации. Таким образом, период исследований охватывал различные погодные условия на протяжении многих лет, благоприятных для роста и развития житняка (2014, 2016) до чрезвычайно засушливых (2015, 2017) и не типичный для данного района (2018). Это позволило нам объективно оценить влияние изучаемых факторов. Наибольшая урожайность житняка в среднем по вариантам опыта сформировалась в 2018 году и составила 4,8 т/га, что на 1,3-2,9 т/га больше, чем в другие годы (таблица 2).

Наши исследования показали, что способы посева растений житняка существенно повлияли на уровень урожайности фитомассы. Таким образом, в среднем по всем сортам максимальный урожай зеленой фитомассы (3,3 т/га) был получен в широкоряд-

ных (70 см) посевах. Увеличение в урожайности составило 0,7 т/га, или 27 % по сравнению с обычным сплошным посевом. Высокая урожайность житняка в этом варианте характеризуется в первую очередь оптимальным пространственным и количественным размещением растений на единицу площади. Площадь питания влияет на скорость роста и развития растений, поскольку от этого зависит количество солнечной энергии, поступающей влаги и элементов питания. Таким образом, оптимизируя способ посева, можно регулировать величину урожайности фитомассы житняка. Как отмечалось выше, в 2015 и 2017 годах наблюдались довольно сложные агрометеорологические условия, существенное влияние на снижение урожайности житняка оказало отсутствие осадков и высокие температуры воздуха, а разница между способами посева на участках опыта была довольно небольшой. Так, при посеве житняка сплошным способом растения формировали урожайность в среднем от 1,5-1,6 т/га, с шириной междурядий 70 см от 2,2 до 2,4 т/га, а при посеве с шириной междурядий 45 см она была меньше на 0,2-0,4 т/га или на 10,4-16,7 %.

Таблица 2 – Урожайность кормовой массы сортов *Agropyron* при различных способах посева, т/га

Table 2 – The yield of the feed mass of *Agropyron* varieties with various methods of sowing, t/ha

Способ посева / Seeding method	Вид / Сорт Type / Grade	Год / year					Среднее / average 2014- 2018
		2014	2015	2016	2017	2018	
Сплошной / Solid	<i>Agropyron cristatum</i>	3,0	1,9	2,9	1,7	4,9	2,9
	<i>Agropyron cristatum</i> «Викрав» / «Vikrav»	1,6	1,2	2,6	1,2	3,5	2,0
	<i>Agropyron fragile</i> «Новатор» / Innovator»	2,8	1,8	3,2	1,5	5,1	2,9
Ширококорядный (45 см) / Wide - row (45 cm)	<i>Agropyron cristatum</i>	3,2	2,1	4,0	2,0	4,6	3,2
	<i>Agropyron cristatum</i> «Викрав» / «Vikrav»	1,8	1,7	3,4	2,2	4,6	2,7
	<i>Agropyron fragile</i> «Новатор» / «Innovator»	3,0	2,1	3,4	1,8	5,4	3,1
Ширококорядный (70 см) / Wide - row (70 cm)	<i>Agropyron cristatum</i>	3,4	2,3	4,3	2,2	4,8	3,4
	<i>Agropyron cristatum</i> «Викрав» / «Vikrav»	2,0	2,1	3,8	2,9	4,9	3,1
	<i>Agropyron fragile</i> «Новатор» / «Innovator»	3,4	2,3	3,6	2,2	5,9	3,5
X±S _x		2,7±0,2	1,9±0,1	3,5±0,2	2,0±0,2	4,8±0,2	

В благоприятном 2016 году разница в урожайности между сплошным и ширококорядными 45 и 70 см посевами составляла 0,7-1,0 т/га, или 24-34 %. Разница в урожайности между сплошным и ширококорядными посевами в засушливые 2015 и 2017 годы составляла 0,4-0,8 т/га, или 28-50 % в пользу ширококорядных. Так, в среднем за 2014-2018 годы сплошной посев снизил урожайность сортов «Викрав» на 1,1 т/га, «Новатор» – на 0,6 т/га, житняк гребенчатый – на 0,5 т/га. Таким образом, наибольшая урожайность наблюдалась благодаря ширококорядному способу посева и зависела от сорта и погодных условий конкретного года. Наименьшая разница между максимальной и минимальной урожайностью указывает на более высокую стрессоустойчивость вида и его более широкие адаптивные возможности. По этому показателю предпочтение следует уделить

житняку гребенчатому, выход которого диапазона был самым маленьким – 3,2 т/га, или 65 %, другие сорта по стрессоустойчивости были расположены таким образом: «Викрав» (3,7 т/га, или 75 %); «Новатор» (4,4 т/га, или 74 %). Расчеты средней урожайности сорта в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях характеризуют генетическую пластичность сорта и их компенсаторные возможности. Самая высокая урожайность в течение контрастных лет была у сорта «Новатор» – 3,18 т/га и житняка гребенчатого – 3,16 т/га против 2,64 т/га, или на 17 % больше, чем у «Викрав». Наше исследование также показало, что на содержание протеина в фитомассе житняка существенное влияние оказывали генетические особенности изучаемых сортов (таблица 3).

Agropyron cristatum и *Agropyron fragile* отличаются хорошей питательностью и охотно поедаются жвачными животными. Так, в засушливых условиях европейской территории юга России содержание сырого протеина в фитомассе в пересчете на сухое вещество у сортов житняка колебалось от 15,2 до 18,4%. Сорт «Викрав» сформировал максимальное количество протеина – 18,4 %, что было выше на 3,1 % и 2,9 %, чем у сорта «Новатор» и житняка гребенчатого, соответственно. Изменчивость содержания протеина (V) находилась в диапазоне 6,8-23,6 %.

При рассмотрении взаимосвязи содержания протеина с температурой было установлено существование сильных зависимостей между этими факторами ($r = 0,71-0,79$); взаимосвязь между урожайностью и содержанием протеина тоже значительная ($r = 0,57-0,84$). По способам посева этот показатель имел следующие значения: при сплошном посеве сортов «Викрав» – 15,8 %, «Новатор» – 12,6 %, житняк гребенчатый – 12,8 %; при ширококормном (45 см) посеве протеина в фитомассе сортов «Викрав» накопилось на уровне 16,1 %, для «Новатора» – 13,7 %, для житняка гребенчатого – 14,2 %; при ширококормном (70 см) посеве «Викрав» – 16,8 %, «Новатор» – 15,2 %, житняк гребенчатый – 15,5 %.

Таблица 3 – Содержание протеина в зеленой массе сортов *Agropyron* в 2014-2018 гг.

Table 3 – Protein content in the green mass of *Agropyron* varieties in 2014-2018

Вид/Сорт Type / Grade	Содержание протеина, % / Protein content				
	сред- нее / average	вариации / variations	коэффи- циент вариации / coefficient of variation	коэффициент корреляции «содержание протеина – температура воздуха» (r) / correlation coefficient "pro- tein content– air tempera- ture" (r)	коэффициент кор- реляции «содержа- ние протеина– урожай» (r) / corre- lation coefficient "protein content- yield" (r)
<i>Agropyron cristatum</i>	15,4	12,4-18,4	16,2	0,34	0,84
<i>Agropyron cristatum</i> «Ви- крав» / «Vikrav»	18,3	15,1-21,4	13,4	0,71	0,57
<i>Agropyron fragile</i> «Нова- тор» / «Innovator»	15,2	6,8-23,6	41,3	0,79	0,77

Выводы. В засушливых условиях юга европейской территории России средняя урожайность зеленой фитомассы житняка формируется на уровне 3,0 т/га с колебанием от 1,2 до 5,9 т/га в зависимости от погодных условий года, вида, сортов и способов посева. Погодные условия оказывают доминирующее влияние на урожай житняка (70 %). Житняк гребенчатый характеризуется наименьшей изменчивостью урожайности по годам.

Наибольшую урожайность между двумя контрастными годами по влагообеспеченности имеет сорт «Новатор» – 3,6 т/га против 3,2 и 3,4 т/га, или на 5-11 % больше по сравнению с другими сортами, что характеризует его высокую генетическую пластичность и компенсаторную способность. Наибольшая урожайность фитомассы житняка формируется в ширококорядных 70 см посевах, с приростом урожайности 0,7 т/га, или 27 % по сравнению с обычным сплошным посевом. Содержание сырого протеина в фитомассе в пересчете на сухое вещество у сортов житняка составляет 15,2-18,4 %. Различные виды и сорта житняка являются значительным резервом для получения качественных кормов, поскольку отличаются значительным долголетием, экологической пластичностью, высокой продуктивностью, питательной ценностью, разносторонним использованием кормовой массы.

Эта информация будет чрезвычайно полезна для увеличения и стабилизации урожайности кормов в засушливой зоне.

Библиографический список

1. Власенко М. В., Турко С. Ю. Перспективы развития селекции и семеноводства многолетних кормовых лугопастбищных трав в аридных условиях Нижнего Поволжья // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 3 (91). С. 119–125.
2. Гребенников В. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Подбор многолетних трав для ускоренного восстановления низкопродуктивных пастбищ и сенокосов // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 4 (13). С. 4–14.
3. Ибрагимов К. М., Умаханов М. А. Продуктивность пырея удлиненного солончакового при ярусном возделывании аридных кормовых культур // Кормопроизводство. 2020. № 9. С. 29-33.
4. Кисиль Е. И. Улучшение травостоя естественных кормовых угодий на опустыненных участках // Экономика и экология территориальных образований. 2015. № 3. С. 141–144.
5. Корякина В. М., Кочегина А. А. Результаты изучения образцов рода Житняк (*Agropyron gaertn.*) из мировой коллекции генетических ресурсов растений ВИР в условиях Якутии // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 59-71.
6. Кравцов В. В., Кравцов В. А., Капустин А. С. Сорта многолетних трав для создания и улучшения сенокосов и пастбищ в засушливых зонах Юга России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 52–54.
7. Кудряшова Н. И. Влияние различных агроприемов на урожайность кормовых травосмесей в условиях Астраханской области // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2020. Т. 6. № 1 (21). С. 17–24.
8. Пилипенко Ж. С. Результаты изучения исходного материала яровой тритикале по комплексу хозяйственно ценных признаков в условиях Беларуси // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1. С. 62-67.
9. Рыбашлыкова Л. П., Сивцева С. Н. Интродуцированные виды трав и их сорта для улучшения деградированных пастбищ Восточного Предкавказья // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2018. № 1 (13). С. 35–41.
10. Сивцева С. Н., Рыбашлыкова, Л. П. Виды и сорта трав для реставрации равнинных пастбищ Восточного Предкавказья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 112–118.
11. Турко С. Ю., Кулик А. К., Власенко М. В. Восстановление деградированных пастбищ на легких почвах с использованием высокопродуктивных фитомелиорантов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2014. № 5. С. 58–61.
12. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И. Создание кормовых агрофитоценозов как способ восстановления и повышения продуктивности деградированных естественных пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 2 (75). С. 48-54.
13. Шадских В. А., Пешкова В. О., Кижаева В. Е. Рекомендации по ресурсосберегающей технологии производства высокобелковых кормов на мелиорированных землях на основе создания агроценоза бобово-злаковых трав длительного пользования. Саратов: Орион, 2020. 28 с.

14. Afkar S. Variation of yield and morphological traits in several Iranian populations of *Agropyron pectiniforme*. 2018.

15. Defoliation frequency effects on winter forage production and nutritive value of different entries of *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn / E. M. Abraham [et al.] // Spanish Journal of Agricultural Research. 2010. V. 8(3). P. 703-712.

Информация об авторах

Турко Светлана Юрьевна, научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: turkosvetlana73@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2546-4755>

Рыбашлыкова Людмила Петровна ведущий научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-20

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY UNDER CONDITIONS OF THE NORTH OF ASTRAKHAN REGION

N. A. Naumova

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Chernoyarsky district, village of Saline Zaymishche*

Received 01.02.2022

Submitted 22.04.2022

Summary

The article presents data on the effectiveness of experimental data on the economic evaluation of the cultivation of spring barley (Donetsk 8) depending on the use of microbiological preparations (Azorizin, Agrophile, Rizoenterin) in the conditions of the north of the Astrakhan region.

Abstract

Introduction. The Caspian Agricultural Research Center, on the basis of which experimental studies were conducted, is located in the northern part of the Astrakhan region, 16 km south of the district center of Cherny Yar. The land use area of the center is included in the subzone of light chestnut soils, which occupies 509.3 thousand hectares within the region and covers the right- and left-bank Volga steppe part. The climatic conditions of the north of the Astrakhan region are characterized by continentality and dryness. The dry years of this territory alternate with relatively wet ones. Cultivation of grain crops under such conditions is not capable of sustainability of grain production in this territory. This means that there is a need for the application of new improved methods of cultivation of grain crops, which guarantee the receipt of consistently high yields. **Materials and methods.** Field studies were conducted in 2018-2020 in the fields of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – (bogara), the predecessor was pure steam. Objects of research: spring barley Donetsk 8; microbiological preparations: Azorizin, Agrofil, Rizoentrin. Field experience and statistical data processing were carried out in accordance with the methodological instructions of B.A. Dospekhov. **Results and conclusions.** On average for 2018-2020, it was revealed that their use contributed to an increase in barley yield by almost two times (3.5 t/ha), compared with the control (without seed treatment – 1.4 t/ha). From the point of view of economic efficiency, the best results were on the treatment of seeds with microbiological preparations Agrofil and Rhizoenterin. The level of profitability was 222.9-164.2%, the economic efficiency of 3.20 rub./rub. costs – 2.64 rub./rub. costs, respectively. Thus, it was revealed that the use of microbiological preparations can be recommended to both small and large farms, which will help to transfer the agriculture of the region to a high level of adaptability to arid conditions, as well as, to a certain extent, improve the socio-economic situation of the region by obtaining additional products.

Key words: *spring barley, economic efficiency, productivity, microbiological preparations, north of the Astrakhan region.*

Citation. Naumova N.A. Influence of microbiological preparations on the productivity of spring barley under conditions of the north of Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 161-167 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-20.

Author's contribution. The author of this study noted significant involvement in the planning, execution and analysis of this study.

Conflict of interest. Author of a declaration of no conflict of interest.

УДК 633.16: 33:631.86

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. А. Наумова, научный сотрудник

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, Черный Яр, с. Соленое Займище

Дата поступления в редакцию 01.02.2022

Дата принятия к печати 22.04.2022

Актуальность. Прикаспийский аграрный научный центр, на базе которого проводились экспериментальные исследования, расположен в северной части Астраханской области в 16 км южнее районного центра Черный Яр. Территория землепользования центра входит в подзону светло-каштановых почв, которая в пределах области занимает 509,3 тыс. га и охватывает правую и левобережную приволжскую степную часть. Климатические условия севера Астраханской области характеризуются континентальностью и сухостью. Засушливые годы данной территории чередуются с относительно влажными. Возделывание зерновых культур при таких условиях не способно к устойчивости зернового производства на данной территории. А значит, имеется необходимость в применении новых усовершенствованных приемов возделывания зерновых культур, гарантирующих получение стабильно высоких показателей урожайности. Материалы и методы. Полевые исследования проводились в 2018-2020 гг. на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (богара), предшественником являлся чистый пар. Объекты исследований: яровой ячмень Донецкий 8; микробиологические препараты: Азоризин, Агрофил, Ризознтрин. Полевой опыт и статистическую обработку данных проводили в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова. **Результаты и выводы.** В среднем за 2018-2020 гг. выявлено, что использование препаратов способствовало повышению урожайности ячменя практически в два раза (3,5 т/га) по сравнению с контролем (без обработки семян – 1,4 т/га). С точки зрения экономической эффективности лучшие результаты были на обработке семян микробиологическими препаратами Агрофил и Ризознтрин. Уровень рентабельности составил 222,9-164,2 %, экономическая эффективность 3,20 р./р. затрат – 2,64 р./р. затрат соответственно. Таким образом, выявили, что применение микробиологических препаратов можно рекомендовать как мелким, так и крупным КФХ, что поможет перевести земледелие региона на высокий уровень адаптивности к аридным условиям, а также в определенной мере улучшить социально-экономическую ситуацию региона за счёт получения дополнительной продукции.

Ключевые слова: *яровой ячмень, условия возделывания ячменя, продуктивность, микробиологические препараты, Астраханская область.*

Цитирование. Наумова Н. А. Влияние микробиологических препаратов на продуктивность ярового ячменя в условиях севера Астраханской области. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 161-167. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-20.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных экономических условиях перед агропромышленным комплексом нашей страны поставлена задача: провести интенсификацию сельскохозяйственного производства, повысить его эффективность, максимально экономить все ресурсы, обеспечить дальнейший рост урожайности и устойчивости валовых сборов сельскохозяйственной продукции.

Север Астраханской области является территорией, располагающей огромными возможностями для производства зерновых культур, в частности ярового ячменя, однако урожайность данной культуры остается на низком уровне. Районированные сорта ярового ячменя в области способны давать урожай не более 1,2-1,8 т/га [2].

Одним из основных путей повышения урожайности данной культуры является внедрение в производство новых высокопродуктивных, адаптированных сортов, а также усовершенствованных, ресурсосберегающих приемов агротехнологий [1].

Внесение микробиологических препаратов способствует повышению устойчивости к действию неблагоприятных факторов внешней среды, а это значит, что получение стабильных урожаев на фоне варьирования погодных условий и эффективности влияния микробиологических препаратов является актуальным для сельскохозяйственного производства Прикаспийского региона [3].

Научные исследования по возделыванию ярового ячменя и оценке его экономической эффективности в условиях данной зоны ведутся с 2018 г. Внедрение ресурсосберегающего способа возделывания данной культуры направлено на повышение продуктивности за счет применения микробиологических препаратов, а также на высокую экономическую эффективность производства [7, 12].

Целью исследований являлась экономическая оценка эффективности возделывания ярового ячменя в зависимости от применения микробиологических препаратов в условиях севера Астраханской области.

В задачи исследований входило:

- определить влияние микробиологических препаратов на элементы продуктивности ярового ячменя;
- дать экономическую оценку эффективности возделывания ярового ячменя при использовании изучаемых микробиологических препаратов в условиях севера Астраханской области.

По результатам полевых исследований, проведенных в 2018-2020 гг., впервые дана оценка эффективности использования микробиологических препаратов (Азорицин, Агрофил, Ризоэнтрин) и определено их влияние на урожайность ярового ячменя в условиях севера Астраханской области. Применяемые препараты способствуют гарантированному получению урожайности ярового ячменя на уровне 2,5-3,5 т/га.

Материалы и методы. Полевые исследования проводили в 2018-2020 гг. на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» – (богара), предшественником являлся чистый пар. Объекты исследований: яровой ячмень Донецкий 8; микробиологические препараты: Азорицин, Агрофил, Ризоэнтрин. Полевой опыт и статистическую обработку данных проводили в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова [6].

Схема закладки полевого опыта.

Виды микробиологических препаратов: 1 вариант – контроль (без обработки семян); 2 вариант – обработка семян микробиологическим препаратом Азорицин; 3 вариант – обработка семян микробиологическим препаратом Агрофил; 4 вариант – обработка семян микробиологическим препаратом Ризоэнтрин. Повторность опыта – трехкратная. Норма высева ярового ячменя – 3,5 млн шт./га. Площадь одной повторности – 0,5 га. Площадь одного варианта – 1,5 га. Общая площадь под опытом – 6 га. Агротехника – типичная для данной зоны исследований.

Перед посевом проводилась инокуляция семян ярового ячменя микробиологическими препаратами. Норма расхода препарата 500 г/га.

Результаты и обсуждение. Определено, что формирование и повышение урожайности яровых зерновых культур в условиях аридной зоны севера Астраханской невозможно рассматривать в отрыве от ее природно-климатических особенностей [10].

Таблица 1 – Метеоданные вегетационного периода роста и развития ярового ячменя, 2018-2020 гг.

Table 1 – Meteorological data for the growing season of growth and development of spring barley, 2018-2020

Показатель / Indicator	Год исследования / Year of research			Среднее за 2018-2020 гг. / Average for 2018- 2020
	2018	2019	2020	
Среднесуточная температура воздуха, °C / Average daily air temperature, °C	20,1	17,0	16,8	17,9
Сумма атмосферных осадков, мм / The amount of precipitation, mm	66,6	122,8	52,2	241,6
Относительная влажность воздуха, % / Relative humidity, %	46	57	50	51
Испаряемость, мм / Evaporation, mm	620	552	360	510
Сумма активных температур воздуха >10 °C / Sum of active temp. Air >10 °C	1954,9	2407,0	1408,2	5770,1
Гидротермический коэффициент (ГТК) / Hydrothermal Coefficient (GTK)	0,3	0,5	0,4	0,4

Из данных таблицы 1 видно, что самым засушливым месяцем в 2018 году оказался май (0 мм осадков), сумма активных температур в мае составила 638,5 °C, что крайне неблагоприятно отразилось на росте и развитии ярового ячменя. Засуха пришлась на межфазный период «выход в трубку – колошение».

В 2019 году самая высокая температура воздуха была отмечена в июне, когда в отдельные дни она повышалась до 40 °C, а влажность воздуха на этот период составляла 37 %. Осадки выпадали в виде кратковременных дождей с ливневым характером: в апреле, мае, июне (в слое 10-20 см) количество осадков составило 18,8 мм; 8,5 мм; 4,9 мм по месяцам соответственно. Однако в связи с высокой температурой воздуха и испаряемостью в весенне-летний период количество осадков в опыте не оказывало существенного влияния на запасы почвенной влаги.

В 2020 году метеорологические условия весенне-летнего периода значительно отразились на межфазном периоде «посев – всходы». В данном году этот период затянулся и превысил количество дней 2018 года на 14 дней, 2019 года – на 12 дней. Связано это было с тем, что в межфазный период «посев – всходы» наблюдали полное отсутствие осадков, а сильные ветра иссушали зимне-весенние запасы влаги в почве (март 7-16 м/сек, апрель 11-21 м/сек). Июльская засуха (выпало всего 1,2 мм) особенно тяжело отразилась на яровом ячмене, так как при сумме активных температур 769,9 °C, а испаряемости до 216,6 мм формирование и налив зерна были неполноценными. В июне относительная влажность воздуха составляла в среднем 37 %, а в конце месяца опускалась до 8-9 %.

Согласно данным метеорологических наблюдений в опыте был рассчитан гидрометрический коэффициент (ГТК) по Селянинову. За 2018 год ГТК составил (0,3) что характеризует год как острозасушливый, 2019 год (0,5) – средnezасушливый, 2020 (0,4) – сухой.

В среднем за 3 года ГТК составил 0,4, то есть исследуемые года характеризовались низкой и недостаточной степенью увлажнения и относились к категории сухих лет [7, 10].

Во все годы исследований посевы ярового ячменя осуществлялись в третьей декаде марта, когда среднесуточная температура воздуха приближалась к $+9^{\circ}\text{C}$, а почва прогревалась (на глубине 5 и 10 см) до $+6,2^{\circ}\text{C}$ и $+5,0^{\circ}\text{C}$ соответственно. Доступный запас влаги в пахотном слое на момент сева составлял 2018 г. – 30,7 мм; 2019 г. – 29,3 мм; 2020 г. – 28,6 мм, что недостаточно для полноценных всходов и развития растений ячменя. Однако на полноту всходов в опыте активное влияние оказала (относительно контроля без обработки) предпосевная обработка семян микробиологическими препаратами: при обработке Азорином полевая всхожесть повысилась на 10,7 %, Агрофилом – 11,1 %, Ризоэнтерин – 11,3 % [4].

При разработке и внедрении в производство ресурсосберегающего способа возделывания ярового ячменя в условиях севера Астраханской области важно было установить не только величину формируемой урожайности, но и выявить, за счет каких основных элементов продуктивности этот урожай создается [7, 8].

В таблице 2 представлены элементы структуры продуктивности ярового ячменя Донецкий 8 в зависимости от применяемых микробиологических препаратов.

Таблица 2 – Элементы продуктивности ярового ячменя в зависимости от микробиологических препаратов, в среднем 2018-2020 гг.

Table 2 – Elements of productivity of spring barley, depending on microbiological preparations, on average 2018-2020

№	Микробиологические препараты / Microbiological preparations	Количество продуктивных стеблей к уборке, шт./м ² / number of productive stems to be harvested, pcs/m ²	Колос / ear		Масса 1000 зерен, г / weight of 1000 grains, g
			количество зерен, шт. / number of grains, pcs	масса зерна, г / grain weight, g	
1	Контроль – без обработки / Control – no processing	296	14	0,49	34,16
2	Азоризин / Azorizin	472	15	0,53	36,33
3	Агрофил / Agrophile	619	16	0,57	38,47
4	Ризоэнтерин / Rizoenterin	524	15	0,55	37,26

В годы исследований величина и соотношение основных элементов структуры урожая зависела как от воздействия погодных условий в момент прохождения основных фенологических фаз, так и от применения изучаемых препаратов.

Анализ данных показывает, что наибольшее число продуктивных стеблей у ярового ячменя Донецкий 8 было при обработке Агрофилом 618 шт./м², что на 332 шт./м² выше контроля (без обработки).

Масса зерна с 1 колоса в опыте варьировала от 0,49 г (контроль) до 0,57 г (Агрофил).

Урожайность – это основной критерий при выращивании любой культуры. По результатам наших исследований видно, что все изучаемые микробиологические препараты оказали существенное влияние на урожайность ярового ячменя [9, 11]. Наибольшая прибавка урожая (по отношению к контролю) была в варианте с Агрофилом (+2,07 т/га или 142,75 %). Наименьшую прибавку наблюдали на варианте с Азорином – (+1,05 т/га или 72,41 %).

При инокуляции семян ярового ячменя микробиологическим препаратом Ризоэнтерин прибавка урожая составила +1,43 т/га или 98,62 %. Дисперсионный анализ показал, что применяемый препарат оказал влияние на величину урожайности, при этом НСР₀₅ равнялась 0,12 т/га.

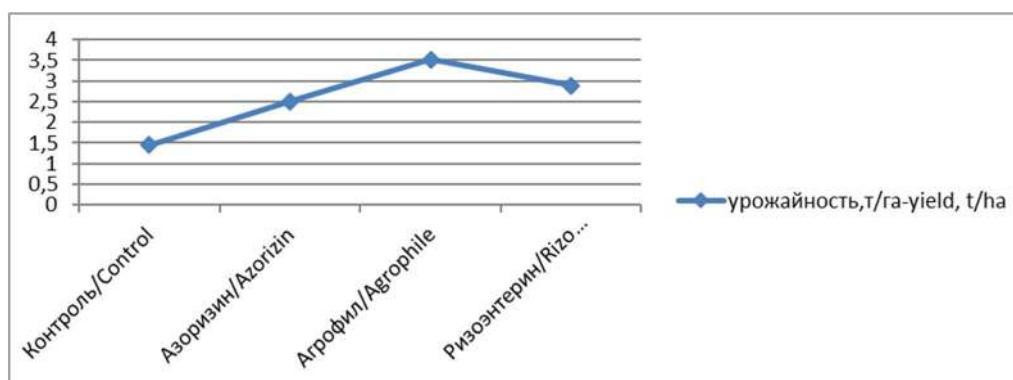


Рисунок 1 – Биологическая урожайность ярового ячменя в зависимости от применяемого микробиологического препарата, в среднем 2018-2020 гг.

Figure 1 – Biological yield of spring barley, depending on the microbiological preparation used, on average 2018-2020

По результатам проведенных исследований и полученных данных по урожайности ярового ячменя, в зависимости применения микробиологических препаратов, была рассчитана рентабельность и экономическая эффективность выращивания данной культуры (рисунок 1).

Общие затраты возделывания ярового ячменя в богарных условиях в 2018-2020 годы сложились (согласно технологических карт) на уровне: контроль (без обработки) – 11 318 р./га; с обработкой семян микробиологическими препаратами – 11 990 р./га. Цена реализации – 11,0 р./кг.

Прибыль варьировала от минимальной в контроле – 4632 р./га до максимальной в варианте с Агрофилом – 26 730 р./га.

Анализ данных по экономической эффективности в нашем опыте показал, что возделывание ярового ячменя во всех вариантах опыта было экономически рентабельно от 40,9 % (контроль) до 222,9 % (Агрофил) (таблица 3). Полученные результаты могут способствовать достижению экономического роста в агропромышленном комплексе Астраханской области и созданию внутренних резервов повышения эффективности агропроизводства.

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания ярового ячменя в зависимости от применения микробиологических препаратов, среднее за 2018-2020 гг.

Table 3 – Economic efficiency of spring barley cultivation depending on the use of microbiological preparations, average for 2018-2020

Микробиологические препараты / Microbiological preparations	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha	Себестоимость зерна, р./т / Cost of grain, rub/t	Валовый доход, р./га / Gross income, r./ha	Чистый доход, р./га / Net income, r./ha	Рентабельность, % / Profitability, %	Экономическая эффективность р./р. / Economic efficiency r./r.
Контроль – без обработки / Control – no processing	1,45	7805	15 950	4632	40,9	1,40
Азоризин / Azorizin	2,50	4796	27 500	15 510	129,3	2,29
Агрофил / Agrophile	3,52	3406	38 720	26 730	222,9	3,22
Ризоэнтерин / Rizoenterin	2,88	4163	31 680	19 690	164,2	2,64

Выводы. В условиях полупустынной зоны севера Астраханской области определена эффективность использования ресурсосберегающего способа возделывания ярового ячменя с применением микробиологических препаратов Азоризин, Агрофил, Ризоэнтерин. Внедрение данного способа способствует повышению урожайности ячменя в два раза (3,52 т/га) по сравнению с общепринятым способом (контроль без обработки 1,45 т/га).

Благодаря высокому экономическому эффекту уровень рентабельности был в 3-5 раз выше общепринятого способа возделывания ярового ячменя и на данный момент достигает при обработке Агрофилом 222,9 %, а экономический эффект составляет 3,2 р./р.

Следовательно, для повышения продуктивности ярового ячменя можно рекомендовать применение данных микробиологических препаратов как мелким, так и крупным КФХ, что поможет перевести земледелие региона на высокий уровень адаптивности к аридным условиям, так как применение данного вида препаратов способствует повышению устойчивости растений к различным стрессам. А значит, появляется возможность в определенной мере улучшить социально-экономическую ситуацию региона за счёт получения дополнительной продукции.

Библиографический список

1. Бугаев П. Д., Абдельхамид С. Э. А. Агротехнические приемы повышения урожайности и качества ярового ячменя // Кормопроизводство. 2019. № 7. С. 28-33.
2. Бугаев П. Д., Абдельхамид С. Э. А. Роль биологических препаратов в улучшении качества семян и повышении продуктивности ярового ячменя // Доклады ТСХА. 2019. № 291. С. 614-618.
3. Вильдфлуш И. Р., Пироговская Г. В., Барбасов Н. В. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество ячменя // Почвоведение и агрохимия. 2017. № 1(58). С. 138-145.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.
5. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130-1139.
6. Котобойцева А., Орлова Л. Почвозащитное ресурсосберегающее земледелие в России и мире // Ресурсосберегающее земледелие. 2019. № 44(04). С. 6-13.
7. Мусаев Ф. А., Захарова О. А. Зависимость урожайности ячменя от ГТК и удобрений // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 89-97.
8. Наумова Н. А. Особенности формирования зерновой продуктивности и ее элементов у сортов ярового ячменя в условиях Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 5. С. 29-34.
9. Оценка адаптационных возможностей сортообразцов яровых зерновых культур в аридных условиях Астраханской области / В. А. Федорова, Н. А. Наумова, Е. В. Ячменева, Ю. П. Тарасенкова // Аграрный научный журнал. 2019. № 9. С. 25-30.
10. Черенкова Е. А., Золотокрылин А. Н. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 2. С. 79-92.
11. Юсова О. А., Николаев П. Н. Изменения урожайности и качества зерна ячменя ярового с повышением адаптивности сортов // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 75-78.
12. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture / L. Ranaivoson, K. Naudin, F. Affholder, L. Rabeharisoa, M. Corbeels // Agronomy for sustainable development. 2017. Vol. 37. Iss. 4. P. 26-30.

Информация об авторах

Наумова Нина Алексеевна, научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), Naumovana84@mail.ru, тел.8927-073-51-75.

LICHEN INDICATION OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE NATURE PARK «VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN»

L. S. Panchenko

Volgograd State Technical University, Volgograd

Received 21.02.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

The article is devoted to the study of the degree of atmospheric air pollution in the «Volgo-Akhtuba floodplain» nature park in connection with the functioning of the road bridge over the Volga River in Volgograd by lichen indication method. Relevance of the work is determined by the fact that atmospheric pollution has a negative impact on such natural processes as the effect of ultraviolet rays of the sun, the river behavior, soil and vegetation cover, the quality of agricultural products, the number and species diversity of plants and animals, human health.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is based on the significant atmospheric pollution in the «Volgo-Akhtuba floodplain» nature park as a result of the functioning of the road bridge over the Volga River in Volgograd. The content of toxic gases in the air contributes to disturbance of ecosystem stability, which leads to degradation of soil, flora and fauna, reducing the international status of the nature park. **Object.** The object of the study was deciduous lichen – *Xanthoria parietina* (Light) Belt. **Materials and methods.** The material of the study was the determination of the occurrence of the lichen *Xanthoria parietina* and the extent of its coverage of *Quercus robur*, known as common oak, in the periods before and after the functioning of the road bridge over the Volga River in Volgograd. The study was carried out by dividing the area into squares, and tree trunks into test sites, to determine the frequency of *Xanthoria parietina* occurrence and the degree of tree coverage. **Results and conclusion.** The results of the study conducted by lichen indication in the territory of the ecological trail «Floodplain in miniature» in the dynamics of 2007, 2009 and 2019, indicated air pollution by sulfur dioxide (SO₂) in the «Volga-Akhtuba floodplain» nature park in 2009 compared to 2007 and a further increase in the concentration of this gas in the air, recorded by lichen flora in 2019. When calculating the indicators of relative atmospheric purity in the territory of the ecological trail, we found that in 2007 this indicator was 0.20, in 2009 the indicator decreased to 0.15, and in 2019 it approached a very low value. In summary, according to the values of the relative atmospheric purity in the area of the ecological trail «Floodplain in miniature», determined by the method of lichen indication, we can conclude that a significant difference in the numerical indicators of atmospheric purity in the dynamics of three years is associated with the commissioning and permanent functioning of the road bridge over the Volga River in Volgograd.

Keywords. Bioindication, lichen indication, lichen flora, epiphytic lichens, toxic components, relative atmospheric purity.

Citation. Panchenko L. S. Lichen indication of atmospheric pollution in the nature park «Volga-Akhtuba floodplain». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 168-176 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-21.

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

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

УДК 502.211:582

ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ПРИРОДНОМ ПАРКЕ «ВОЛГО-АХТУБИНСКАЯ ПОЙМА»

Л. С. Панченко, старший преподаватель

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 21.02.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Актуальность исследования обусловлена значительным загрязнением атмосферного воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» в результате функционирования автодорожного моста через Волгу в Волгограде. Содержание токсичных газов в воздухе спо-

способствует нарушению устойчивости экосистем, что приводит к деградации почвы, флоры и фауны, снижая международный статус природного парка. **Цель.** Цель исследования заключалась в определении относительной чистоты воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» на основании изучения закономерностей встречаемости лишайников и степени покрытия ими субстрата на территории экологической тропы «Пойма в миниатюре» в периоды до и после функционирования автодорожного моста через Волгу в Волгограде. **Объект.** Объектом исследования являлся листоватый лишайник Ксантория постенная, или стенная (стенная золотянка) – *Xanthoria parietina* (Light) Belt. **Материалы и методы.** Материалом исследования явилось определение встречаемости лишайника Ксантория постенная (*Xanthoria parietina*) и степени покрытия им Дуба черешчатого, или обыкновенного, или английского (*Quercus robur*) в периоды до и после функционирования автодорожного моста через Волгу в Волгограде. Исследование проводилось методом разделения изучаемой территории на квадраты, а стволов деревьев – на пробные площадки, выявления частоты встречаемости лишайника Ксантория постенная (*Xanthoria parietina*) и степени покрытия им деревьев. **Результаты и выводы.** Результаты исследования, проведенные методом лихеноиндикации на территории экологической тропы «Пойма в миниатюре» в динамике 2007, 2009 и 2019 годов, указали на загрязнение воздуха диоксидом серы (SO_2) в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» в 2009 году по сравнению с 2007 годом и на дальнейшее повышение концентрации этого газа в воздухе, зафиксированное лихенофлорой в 2019 году. При расчете показателей относительной чистоты атмосферного воздуха на территории экологической тропы установили, что в 2007 году этот показатель составил 0,20, в 2009 году показатель снизился и составил 0,15, а в 2019 году приблизился к очень низкому значению. Таким образом, в соответствии со значениями параметров относительной чистоты атмосферного воздуха на территории экологической тропы «Пойма в миниатюре», определенных методом лихеноиндикации, можно сделать вывод о том, что значительное расхождение числовых показателей чистоты атмосферного воздуха в динамике трех лет связано с введением в строй и постоянной эксплуатацией автодорожного моста через Волгу в Волгограде.

Ключевые слова: биоиндикация, лихеноиндикация, лихенофлора, эпифитные лишайники, токсичные компоненты, относительная чистота атмосферного воздуха.

Цитирование. Панченко Л. С. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 168-176. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-21.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для современного этапа развития нашего общества характерен высокий темп урбанизации. Этот процесс связан с риском нарушения экологического равновесия в системе «природа – экономика – социум». В связи с этим важнейшая функция охраны природы заключается в полном или частичном изъятии экосистем из хозяйственной деятельности человека. С этой целью выделены особо охраняемые природные территории, на которых введен специальный охранный режим. Формирование охраняемого природного каркаса способствует укреплению экологического равновесия в системе «общество – природа». Началом образования этого экологического каркаса в Волгоградской области явилось создание в 2000 году природного парка «Волго-Ахтубинская пойма». Общеизвестно, что Волго-Ахтубинская пойма – уникальное природное образование, возникшее 10-12 тысяч лет назад. Активное изучение особенностей природы этой поймы началось с XX века. В последнее время ученые установили, что все виды ландшафтов, воздух, флора и фауна этого «оазиса жизни» в зоне полупустыни испытывают значительные негативные воздействия, связанные с антропогенной деятельностью. Среди разрушительных факторов наибольший размер приобрели эксплуатация Волжской ГЭС и автодорожного моста через Волгу в Волгограде.

Введение в строй гидроузла привело к нарушению гидрорежима в пойме, а функционирование автомагистрали через Волгу явилось причиной, как показали результаты данного исследования, негативного воздействия на качество атмосферного воздуха. Как известно, одним из показателей экологического состояния территории является степень чистоты атмосферного воздуха. Специалисты считают, что одним из основных источников антропогенного характера, вызывающих загрязнение атмосферного воздуха, является транспорт. Подсчитано, что автомобильный транспорт выделяет 60 % загрязнителей воздуха. Среди множества компонентов токсичных веществ выхлопных газов автотранспорта немалый процент приходится на долю диоксида серы (SO_2). Информативными показателями содержания диоксида серы (SO_2) в атмосферном воздухе являются лишайники, поэтому для определения относительной чистоты воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» до и после эксплуатации автодорожного моста через Волгу в Волгограде целесообразным явилось использование метода лишайноиндикации на территории экологической тропы «Пойма в миниатюре» (рисунок 1). Этот метод считается научно обоснованным, экономически доступным и объективно оценивающим уровень антропогенного воздействия на устойчивость экосистем.

При оценке экологического состояния атмосферного воздуха в промышленных районах ряд исследователей считает достоверно надежным использование метода лишайноиндикации [6]. Многочисленные исследования в районах промышленных объектов на прилегающих к ним территориях устанавливают прямую зависимость степени устойчивости экологических систем, состояния природных ландшафтов и агроландшафтов от относительной чистоты атмосферного воздуха [7, 10, 13]. Научные исследования и практика показывают, что каркас природоохранных территорий – необходимый элемент экологического планирования хозяйственного использования природных ресурсов и ориентир экологического состояния природной среды [9].



Рисунок 1 – Карта-схема действующих экологических маршрутов в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма». Экологическая тропа «Пойма в миниатюре» - 10

Figure 1 – Map-scheme of existing ecological routes in the «Volga-Akhtuba floodplain» nature park. Ecological trail «Floodplain in miniature» - 10

Материалы и методы. Материалом данного исследования явился листоватый лишайник вида Ксантория постенная, или стенная (стенная золотянка) – *Xanthoria parietina* (Light) Belt. Ксантория постенная – эпифит, растущий на коре деревьев, также встречается на обработанной древесине, часто обитает на заборах и стенах построек. Диаметр таллома этого лишайника свыше 3 см. Он имеет форму правильных оранжево-жёлтых розеток, которые состоят из округлых по краю лопастей. В центре таллома находятся многочисленные апотеции. Диск апотеций окрашен ярче таллома. Для исследования качества атмосферного воздуха в роли субстрата лишайников использован наиболее распространённый на экологической тропе «Пойма в миниатюре» вид дерева Дуб черешчатый, или обыкновенный, или английский (*Quercus robur*) – типовой вид рода Дуб (*Quercus*), семейства Буковые (*Fagaceae*). Этот вид древесной растительности является господствующим на территории исследованной экологической тропы. Внешне это крупные деревья, высота которых достигает 15-20 метров, средний диаметр ствола – 55 см. Средний возраст этих деревьев составляет 40-60 лет. На 1 га поймы произрастает в среднем до 80 деревьев. На коре Дуба черешчатого (*Quercus robur*) повсеместно встречается листоватый лишайник Ксантория постенная (*Xanthoria parietina*) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Листоватый лишайник Ксантория постенная (*Xanthoria parietina*) на коре Дуба черешчатого (*Quercus robur*)

Figure 2 – Deciduous lichen *Xanthoria postennaya* (*Xanthoria parietina*) on the bark of the Oak petiolate (*Quercus robur*)

Лишайники подразделяют на накипные, листоватые и кустистые. Изучение лишайнофлоры в населенных пунктах и вблизи крупных промышленных объектов показывает, что экологическое состояние воздушной среды оказывает значительное влияние на развитие лишайников [1]. По их видовому составу и встречаемости можно судить о степени загрязнения атмосферного воздуха. Наиболее резко лишайники реагируют на присутствие в воздухе диоксида серы (SO_2). Порог концентрации диоксида серы (SO_2), вызывающий гибель лишайников, зависит от вида лишайников. Экспериментальными

исследованиями учёных установлено, что концентрация диоксида серы (SO_2), равная $0,5 \text{ мг/м}^3$, губительна для всех видов лишайников. На территории, где средняя концентрация диоксида серы (SO_2) превышает $0,5 \text{ мг/м}^3$, лишайники практически отсутствуют. В районе со средними концентрациями диоксида серы (SO_2) от $0,3 \text{ мг/м}^3$ до $0,05 \text{ мг/м}^3$ по мере удаления от источника загрязнения сначала появляются накипные лишайники, затем – листоватые лишайники. При концентрации диоксида серы (SO_2) менее $0,05 \text{ мг/м}^3$ появляются кустистые лишайники. Следовательно, при повышении загрязнённости атмосферного воздуха первыми исчезают кустистые лишайники, за ними – листоватые лишайники, последними – накипные лишайники. Особая чувствительность лишайников к загрязнителям атмосферного воздуха заключается в том, что они не могут выделять в окружающую среду поглощенные токсичные вещества, которые вызывают в них физиологические нарушения и морфологические изменения. На территории экологической тропы «Пойма в миниатюре» не встречаются кустистые лишайники.

Согласно методике лишеноиндикации 2,5 км территории экологической тропы «Пойма в миниатюре» были разделены на три площадки на стоянке около х. Бурковский. Размер каждой площадки составлял 2500 м^2 . На каждой площадке были исследованы встречаемость и проективное покрытие лишайника Ксантория настенная (*Xanthoria parietina*) на двадцати деревьях Дуба черешчатого (*Quercus robur*). Для этого ствол каждого дерева был разбит на пробные площадки, на которых было подсчитано число лишайников и определена их жизнеспособность. Пробная площадка ограничивалась на стволе Дуба черешчатого (*Quercus robur*) деревянной рамкой, размер которой составлял $10 \text{ см} \times 10 \text{ см}$. Эта рамка была разделена внутри тонкими проволочками на квадратики по 1 см^2 . На каждом дереве было описано минимум четыре пробные площадки: две у основания ствола с разных его сторон и две – на высоте ствола дерева $1,4 - 1,6 \text{ м}$. Для сравнения результатов лишеноиндикации на экологической тропе «Пойма в миниатюре» были определены контрольные площадки. Они находились на территории стоянки «Дубрава мятликовая», атмосферный воздух которой считается наиболее чистым, так как она максимально удалена от загрязняющих объектов.

После проведенных исследований на нескольких десятках деревьев был сделан расчет средних баллов встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев для всех видов лишайников. Используя баллы средней встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев для всех видов лишайников, рассчитали показатель относительной чистоты атмосферного воздуха (ОЧА) по формуле:

$$\text{ОЧА} = \frac{Н + 2 \times Л + 3 \cdot К}{30}$$

где ОЧА – относительная чистота атмосферы; Н – накипные лишайники; Л – листоватые лишайники; К – кустистые лишайники.

Чем выше числовой показатель ОЧА (ближе к единице), тем чище воздух территории. Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития была определена по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Общеизвестно, что эпифитные лишайники, являясь симбиотическими организмами водоросли и гриба, получают растворы минеральных веществ по гифам гриба из коры деревьев, но наибольшее количество разнообразных химических элементов таллом этих лишайников поглощает из атмосферного воздуха. В связи с этим эпифитный лишайник Ксантория настенная (*Xanthoria parietina*), обитающий на коре Дуба черешчатого (*Quercus robur*), был использован в качестве биоиндикатора, по частоте встречаемости и степени покрытия им коры деревьев была определена степень чистоты

воздуха на территории экологической тропы «Пойма в миниатюре». При исследовании качества атмосферной среды для оценки частоты встречаемости лишайника Ксантория почтенная (*Xanthoria parietina*) и степени покрытия им деревьев Дуба черешчатого (*Quercus robur*) была использована пятибалльная шкала, указанная в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев по пятибалльной шкале

Table 1 – Assessment of the frequency of occurrence of lichens and the degree of their coverage of trees on a five-point scale

Частота встречаемости (в %)		Степень покрытия (в %)		Балл оценки
Очень редко	менее 5%	Очень низкая	менее 5%	1
Редко	5-20%	Низкая	5-20%	2
Редко	20-40%	Средняя	20-40%	3
Часто	40-60%	Высокая	40-60%	4
Очень часто	60-100%	Очень высокая	60-100%	5

Исследования по оценке степени чистоты атмосферного воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» методом лишеноиндикации в динамике трех лет показали разные результаты, указанные в таблицах 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Таблица 2 – Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев на исследованных площадках по пятибалльной шкале в 2007 году

Table 2 – Assessment of the frequency of lichens and the degree of their coverage of trees at the sites studied on a five-point scale in 2007

Номер площадки	Частота встречаемости (в %)	Степень покрытия (в %)	Балл оценки
1	35	24	3
2	25	22	3
3	30	28	3
Среднее значение	30	24,6	3

Таблица 3 – Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев на контрольных площадках по пятибалльной шкале в 2007 году

Table 3 – Assessment of the frequency of occurrence of lichens and the degree of their coverage of trees at control sites on a five-point scale in 2007

Номер площадки	Частота встречаемости (в %)	Степень покрытия (в %)	Балл оценки
1	40	40	4
2	30	25	3
3	32	30	3
Среднее значение	34	31,6	3,3

Расчет показателей относительной чистоты атмосферного воздуха (ОЧА) на территории экологической тропы в 2007 году:

а) на исследованной территории:

$$\text{ОЧА} = \frac{0 + 2 * 3 + 3 * 0}{30} = 0,20$$

б) на контрольной территории:

$$\text{ОЧА} = \frac{0 + 2 * 3,3 + 3 * 0}{30} = 0,22$$

Исходя из результатов исследования установлено, что в 2007 году показатели относительной чистоты атмосферного воздуха на исследованных площадках почти соответствуют показателям на контрольных площадках.

Таблица 4 – Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев на исследованных площадках по пятибалльной шкале в 2009 году

Table 4 – Assessment of the frequency of lichens and the degree of their coverage of trees at the sites studied on a five-point scale in 2009

Номер площадки	Частота встречаемости (в %)	Степень покрытия (в %)	Балл оценки
1	21	20	3
2	19	19	2
3	18	17	2
Среднее значение	19,3	18,6	2,3

Таблица 5 – Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев на контрольных площадках по пятибалльной шкале в 2009 году

Table 5 – Assessment of the frequency of occurrence of lichens and the degree of their coverage of trees at control sites on a five-point scale in 2009

Номер площадки	Частота встречаемости (в %)	Степень покрытия (в %)	Балл оценки
1	32	30	3
2	30	28	3
3	31	30	3
Среднее значение	31	29,3	3

Расчет показателей относительной чистоты атмосферного воздуха (ОЧА) на территории экологической тропы в 2009 году:

а) на исследованной территории:

$$\text{ОЧА} = \frac{0 + 2 * 2,3 + 3 * 0}{30} = 0,15$$

б) на контрольной территории:

$$\text{ОЧА} = \frac{0 + 2 * 3 + 3 * 0}{30} = 0,20$$

Исходя из результатов исследования установлено, что в 2009 году показатели относительной чистоты атмосферного воздуха на исследованных площадках экологической тропы отличаются от показателей на контрольных площадках.

Таблица 6 – Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев на исследованных площадках по пятибалльной шкале в 2019 году

Table 6 – Assessment of the frequency of lichens and the degree of their coverage of trees at the sites studied on a five-point scale in 2019

Номер площадки	Частота встречаемости (в %)	Степень покрытия (в %)	Балл оценки
1	19	18	2
2	13	13	2
3	10	8	2
Среднее значение	14	13	2

Таблица 7 - Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия ими деревьев на контрольных площадках по пятибалльной шкале в 2019 году

Table 7 – Assessment of the frequency of occurrence of lichens and the degree of their coverage of trees at control sites on a five-point scale in 2019

Номер площадки	Частота встречаемости (в %)	Степень покрытия (в %)	Балл оценки
1	30	29	3
2	28	27	3
3	30	27	3
Среднее значение	29,3	27,3	3

Расчет показателей относительной чистоты атмосферного воздуха (ОЧА) на территории экологической тропы в 2019 году:

а) на исследованной территории:

$$\text{ОЧА} = \frac{0 + 2 * 2 + 3 * 0}{30} = 0,11$$

б) на контрольной территории:

$$\text{ОЧА} = \frac{0 + 2 * 3 + 3 * 0}{30} = 0,20$$

Исходя из результатов исследования установлено, что в 2019 году показатели относительной чистоты атмосферного воздуха на исследованных площадках экологической тропы значительно отличаются от показателей на контрольных площадках.

Строительство и сдача в эксплуатацию автодорожного моста через Волгу в Волгограде в 2009 году – достижение инженерного разума. Техничко-экономические обоснования проекта строительства и эксплуатации этого моста в результате экологической экспертизы признаны соответствующими экологическим требованиям. На практике этот вид хозяйственной деятельности человека послужил причиной, как показало лишеноиндикационное исследование в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма», негативного воздействия на экологическое качество воздушной среды. Ученым известно, что антропогенные изменения природной среды проявляются одновременно как во времени, так и в пространстве. Возникнув под влиянием деятельности человека, они в своем развитии подчиняются законам природы. Практика указывает, что скорость антропогенных трансформаций в природе значительно превосходит темпы подобных изменений, происходящих в естественных условиях. В этом случае не исключена возможность активного обмена инженерного сооружения с природными системами веществом и энергией, а также очевиден существенный обмен между движущимся автотранспортом и воздушной средой, что приводит к загрязнению последней.

Как показали лишеноиндикационные исследования, в течение десятилетней эксплуатации автодорожного моста происходило постепенное и необратимое загрязнение атмосферного воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма».

Выводы. В результате лишеноиндикационного исследования экологического состояния воздушной среды природного парка «Волго-Ахтубинская пойма» до строительства автодорожного моста через Волгу в Волгограде и в период его эксплуатации установлено, что особенно заметные негативные изменения в воздушной среде природного парка произошли в первый год эксплуатации этого моста, что связано с тем, что процесс адаптации компонентов природы к новым условиям природной среды в этот год происходил особенно напряженно и длительно. Согласно расчетам относительной чистоты атмосферного воздуха (ОЧА) разница между числовыми показателями в 2007 году и 2009 году составляет 0,05, а между показателями в 2007 году и 2019 году – 0,09.

Таким образом, строительство и эксплуатация автодорожного моста через Волгу в Волгограде – это не только инженерный успех, но и источник снижения экологического качества атмосферного воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма».

Библиографический список

1. Воробьева И. Б. Экологические функции территорий с различной степенью урбанизации в условиях Восточной Сибири // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 96-101.
2. Горецкая А. Г., Калужная И. Ю., Марголина И. Л. Перспективы использования методов лишеноиндикации в экологическом образовании // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 1 (25). С. 93-100.

3. Дармостук В. В., Ходосовцев О. Е. Лишайники та ліхенофільні гриби Кальміуського заповідника // Чорноморськ. бот. ж. 2014. Т. 10. № 3. С. 322.
4. Использование методологии биомониторинга для оценки экспозиции к химическим загрязнителям / И. Н. Ильченко, С. М. Ляпунов, О. И. Окина [и др.] // Гигиена и санитария. 2015. № 94 (7). С. 85-89.
5. Майснер Т. Н. Урбанизация и экология городской среды: риски и перспективы устойчивого развития // Гуманитарий юга России. 2020. Т. 9. № 3. С. 190-201.
6. Малышкин Н. Г. Оценка состояния атмосферного воздуха в районе деятельности промышленного предприятия методом лишеноиндикации // Успехи современного естествознания. 2018. № 11 (Ч. 2). С. 361-365.
7. Минакова А. Е., Шлычков А. П., Щайхияев И. Г. Оценка окружающей среды урбосистемы г. Казань с использованием метода биоиндикации: придорожные территории // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 17. С. 225-230.
8. Овчарова А. Ю. Причины деградации ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2013. № 1. С. 77-80.
9. Оценка рекреационной нагрузки на Тебердский государственный биосферный заповедник / Т. Г. Зеленская, Е. Е. Степаненко, С. В. Окрут [и др.] // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. С. 58-63.
10. Пчёлкин А. В. Базовые показатели лишеномониторинга на территории государственного комплексного природного заказника, «Полярный круг» // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. 2021. Т. 32. № 1-2. С. 71-83.
11. Филонов А. В., Романенко В. О. Экологические проблемы предприятий горнорудной промышленности // Успехи современного естествознания. 2016. № 3. С. 210-213.
12. Хоботилова Е. И., Копосова Н. Н. Экологический анализ региональных аспектов реализации приоритетного проекта «Оздоровление Волги» в Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 101-107.
13. Esslingen T. L. A cumulative checklist for the lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of the continental United States and Canada // Opuscula Philolichenum. 2016. № 15. P. 136-390.
14. Kachinskaya V. V. Lichen diversity in anthropogenically transformed environment of Krivye Rig basin // Ukrainian Journal of Ecology. 2017. № 7 (2). P. 31-36.

Информация об авторе

Панченко Лидия Сергеевна, старший преподаватель кафедры русского языка факультета подготовки иностранных специалистов Волгоградского государственного технического университета. 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 28. E-mail: q9053959452@yandex.ru, м. т. 89053959452.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-22

TRANSPIRATION AS A COMPONENT PART OF THE WATER REGIME OF DIFFERENT VARIETIES OF «AMARANTH» IN THE DRY ZONE OF THE ASTRAKHAN REGION

T. W. Valkova, L. P. Ionova

Astrakhan State University, Astrakhan

Received 27.01.2022

Submitted 13.05.2022

Summary

The article considers the features of transpiration of various Amaranth culture varieties, its role and dependence on external factors: humidity, light, temperature, and other soil and climatic conditions. The daily course and transpiration rate were studied, data on the intensity of transpiration of the leaves of the studied Amaranth varieties during the day and depending on the influence of external factors were presented.

Abstract

Introduction. The article discusses the transpiration's features of the amaranth culture studied varieties, its role and dependence on external factors: humidity, light, temperature, and other soil and climatic conditions. The daily course and transpiration rate are studied, data on the leaves transpiration

intensity of the studied amaranth varieties during the day and depending on the influence of external factors are presented, the results of a comparative analysis of the transpiration process of the studied amaranth varieties in the Astrakhan region are presented. **Object.** The object of research was 5 varieties of amaranth: green-colored (green) varieties (Zolotoy gigant, Kharkovsky 1, Krepish) and red-colored (red-leaved) varieties (Valentina, Shestidesyatnik). **Materials and methods.** The study was conducted in the fields of the educational and experimental farm of Astrakhan State University, located in the village of the Beginning of the Volga region of the Astrakhan region. To assess the transpiration of the studied amaranth varieties and its changes under the influence of external factors, field experiments were conducted in 2019-2020. Mathematical and statistical processing of field experiment data was carried out using the MS Excel software package. **Results and conclusions.** On average, during the study period, the studied varieties showed the following: at low temperature and light, green varieties have approximately the same transpiration intensity (44.86-43.52 g/m²h); red - leaved varieties – the lowest (Valentina variety - 38.88 g/m²h) and the highest transpiration (Shestidesyatnik variety-52.87 g/m²h). At high humidity, red-leaved varieties showed higher transpiration intensity compared to green varieties (by an average of 50.73%): Zolotoy gigant had the lowest indicator (29.56 g/m²h), the highest – Shestidesyatnik (52.56 g/m²h). At elevated temperatures, all the studied amaranth varieties showed the highest transpiration intensity: from 121.92 g/m²h - (Valentina - the leaves of this variety had the highest proportion of wilting under the influence of this environmental factor) to 85.68 g/m²h (Kharkovsky 1). Despite the differences in indicators depending on the variety and the influence of external factors (the main one is temperature), all the studied amaranth varieties had good resistance to high temperature conditions and low humidity; despite the extreme conditions of the Astrakhan region, all varieties of amaranth had a favorable water regime and a daily course of transpiration, thus the photosynthesis process was carried out even at high daytime temperatures.

Keywords: *transpiration, transpiration intensity, leaf area, evaporation rate, amaranth varieties.*

Citation. Valkova T.W., Ionova L.P. Transpiration as a component part of the water regime of different varieties of «amaranth» in the dry zone of Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 176-184 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-22.

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

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

УДК 633.2:581.116

ТРАНСПИРАЦИЯ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ВОДНОГО РЕЖИМА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ АМАРАНТА В ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЕ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. В. Валькова, аспирант кафедры

Л. П. Ионова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор

Астраханский государственный университет, г. Астрахань

Дата поступления в редакцию 27.01.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

Актуальность. В статье рассмотрены особенности транспирации изучаемых сортов культуры амарант, ее роль и зависимость от внешних факторов: влажности, света, температуры, других почвенно-климатических условий. Изучены суточный ход и скорость транспирации, представлены данные по интенсивности транспирации листьев изучаемых сортов амаранта в течение суток и в зависимости от влияния внешних факторов, приведены результаты сравнительного анализа процесса транспирации изучаемых сортов амаранта в условиях Астраханской области. **Объект.** Объектом исследования служили 5 сортов амаранта: зеленоокрашенные (зеленые) сорта (Золотой гигант, Харьковский-1, Крепыш) и красноокрашенные (краснолистные) сорта (Валентина, Шестидесятник). **Материалы и методы.** Исследование проводилось на полях учебно-опытного хозяйства Астраханского государственного университета, расположенно-

го в п. Начало Приволжского района Астраханской области. Для оценки транспирации изучаемых сортов амаранта и ее изменений под влиянием внешних факторов были заложены полевые опыты в 2019-2020 гг. Фенологические наблюдения проводили по методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. Математическая и статистическая обработка данных полевых опытов проведена с использованием пакета программ MS Excel. **Результаты и выводы.** В среднем за период исследования изучаемые сорта показали следующее. При низкой температуре и освещенности зеленые сорта имеют примерно одинаковую интенсивность транспирации (ИТ) – 44,86-43,52 г/м²ч; красностебельные сорта обладают самой низкой (сорт Валентина – 38,88 г/м²ч) и самой высокой транспирацией (сорт Шестидесятник – 52,87 г/м²ч). При повышенной влажности воздуха красностебельные сорта показали более высокую ИТ по сравнению с зелеными сортами (в среднем на 50,73% выше). Самый низкий показатель имеет сорт Золотой гигант (29,56 г/м²ч), самый высокий – сорт Шестидесятник (52,56 г/м²ч). При повышенной температуре все изучаемые сорта амаранта показали самую высокую ИТ: от 121,92 г/м²ч (сорт Валентина) до 85,68 г/м²ч (сорт Харьковский-1). Несмотря на разницу в показателях в зависимости от сорта и влияния внешних факторов, основным из которых является температура, все исследуемые сорта амаранта проявили хорошую устойчивость к высоким температурным режимам и низкой влажности воздуха. Несмотря на экстремальные условия астраханского региона, у всех сортов амаранта складывался благоприятный водный режим и суточный ход транспирации, благодаря чему процесс фотосинтеза осуществлялся даже при высоких дневных температурах.

Ключевые слова. транспирация, интенсивность транспирации, площадь листа, скорость испарения, сорта амаранта.

Цитирование. Валькова Т. В., Ионов Л. П. Транспирация как составная часть водного режима различных сортов амаранта в засушливой зоне Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 176-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Астраханская область относится к зоне рискованного земледелия, что взаимосвязано с агроклиматическими и почвенными особенностями нашего региона. С одной стороны, самым продолжительным сезоном в году является лето (4,5 месяца), что позволяет получать 2 урожая за данный период. С другой стороны, к региональным особенностям относятся высокий температурный режим, низкая влажность воздуха, сильные ветра в весенний период, низкая естественная плодородность почвы, что обусловлено дефицитом в содержании гумуса таких веществ, как азот, калий, фосфор, микроэлементы и др. [12].

Почвы Астраханской области имеют повышенную засоленность, которая приводит к деградации почвенного и растительного покровов на больших площадях [12]. Поэтому важными показателями при выборе кормовой культуры для животноводства и птицеводства, помимо ее химического состава, являются влаго-, жаро- и солеустойчивость. Одним из индикаторов состояния растения является показатель водопотребления.

Цель исследования – определить наиболее влаго- и жароустойчивые сорта амаранта, подходящие для интродукции в зоне рискованного земледелия на территории Астраханской области в целях кормопроизводства. **Задача исследования** – проанализировать особенности процесса транспирации изучаемых сортов амаранта в зоне аридного земледелия Астраханской области и сравнить ее показатели под влиянием внешних факторов.

Правильный водный режим различных сортов амаранта позволит повысить продуктивность растительного белка (сырого протеина) и качество урожая.

Материалы и методы. Исследование проводилось в засушливой зоне на полях учебно-опытного хозяйства АГУ, расположенного в п. Начало Приволжского района Астраханской области, на аллювиально-луговой слоистой среднесуглинистой, слабосолончаковатой супесчаной почве. Общая площадь опыта в двукратной повторности составила 200 м², площадь деланки – 50 м². В качестве объекта исследования были выбраны зеленые по окраске сорта амаранта (Золотой гигант, Харьковский-1, Крепыш) и краснолистные сорта (Валентина, Шестидесятник). Период исследования (весна – осень 2019-2020 гг.) характеризовался повышенной температурой и низкой влажностью. Температурный режим за годы проведения исследования имел незначительные различия. Так, средняя температура воздуха за 2019 г. составила +23,200С, за 2020 г. – +23,410С. Самая высокая температура воздуха (+40,2 – 42,40С) отмечалась за годы исследования в июне и в июле [11]. Самая низкая относительная влажность была зафиксирована в июне-июле 2020 г. (9-10%). Были отмечены опасные явления (ОЯ). В 2019 г. наблюдалась атмосферная засуха: с 29 мая по 11 июля отсутствовали эффективные осадки (5 мм и более), максимальные температуры воздуха достигали 30 – 400С. Продолжительность засухи составила 44 дня. Критериев ОЯ атмосферная засуха достигла 27 июня. В 2020 г. была зафиксирована почвенная засуха. Под озимыми культурами запасы влаги в слое почвы от 0 до 20 см составляли 2 – 10 мм, в слое от 0 до 100 см они составляли 23 – 35 мм. Продолжалась почвенная засуха в течение 71 дня (с 12 апреля по 22 июня), критериев ОЯ достигла 12 мая. В период исследования наблюдались суховеи [4].

Интенсивность транспирации определяли весовым методом, основанным на учете потери воды при испарении. Для определения интенсивности транспирации срезались по 3 листа с 5 разных растений из числа изучаемых сортов амаранта. Нижний конец черешка подрезался наискось под водой примерно на 1 см для восстановления водных нитей в проводящих сосудах. Чтобы избежать испарения воды, черешки плотно укреплялись ватой в отверстиях пробки. Образцы изучаемых сортов помещались в разные условия: в темное место с более низкой температурой; на прямой свет, в место с повышенной температурой; во влажную камеру. Взвешивания повторялись через каждый час. По разнице с первоначальной массой устанавливали количество воды, испарившейся за время проведения опыта. Для выполнения расчетов вычисляли площадь листа по методу отпечатков, интенсивность транспирации определялась весовым методом.

Интенсивность транспирации срезанных листьев определялась также при помощи торсионных весов (по Л. И. Иванову). Измерения проводились через короткие промежутки времени, не более 5 минут. Для исследования срезались листья с 5 разных растений нижнего и верхнего ярусов в фазу активного вегетативного роста. Исследования проводились в первой половине дня в течение 20 минут при температуре воздуха в 28С⁰, ветре – 3 м/с, давлении – 761мм.

Математическая и статистическая обработка данных полевых опытов проведена с использованием пакета программ MS Excel [3].

Результаты и обсуждение. Процесс транспирации выполняет несколько основных функций: 1) предохраняет растение от перегрева, благодаря чему растение хорошо развивается и растет при высоких температурах; 2) удаляет лишнюю влагу для более продуктивного процесса фотосинтеза и дыхания, развития растения в целом; 3) способствует непрерывному передвижению воды в растении (верхний двигатель тока воды); 4) снабжает растение всеми необходимыми минеральными питательными веществами [2].

Процесс транспирации характеризуется такими показателями, как интенсивность транспирации, транспирационный коэффициент, продуктивность транспирации. Интенсивность транспирации зависит от условий освещенности, влажности и температуры воздуха и почвы.

Главные факторы, регулирующие процесс транспирации, свет и температура. Они оказывают на него прямое (участие в процессе фотосинтеза, дыхания, процессе превращения воды в тепло и использование для испарения – транспирации) и косвенное действие (регулирование действия устьиц).

Анализируя данные, представленные в таблице 1, можно сделать вывод о том, что повышенная температура воздуха и повышенный уровень освещенности оказали самое большое влияние на ИТ по сравнению с влиянием других внешних факторов. Так, у зеленых сортов в среднем ИТ повысилась в 2,11 раза, у красностных – в 3,13 раза (сорт Валентина) и в 1,75 раза (сорт Шестидесятник). Сорта Золотой гигант и Валентина показали наибольшую ИТ (101,5 и 121,92 г/м²ч), наименьшая ИТ была зафиксирована у сорта Харьковский-1 (85,68 г/м²ч). Сорта Крепыш и Шестидесятник имели незначительную разницу в показателях (93,11 и 92,87 г/м²ч соответственно). Благодаря увеличенному показателю ИТ охлаждающий эффект у изучаемых сортов амаранта усилился, что актуально в условиях нашего региона.

При частичном или полном отсутствии света максимальные и минимальные показатели имели красностные сорта (сорт Валентина – 38,88 г/м²ч, сорт Шестидесятник – 52,87 г/м²ч), зеленые сорта имели незначительную разницу в показателях (43,52 – 44,86 г/м²ч).

Таблица 1-Влияние внешних факторов на интенсивность транспирации различных сортов амаранта в фазу активного вегетативного роста, среднее за 2019-2020 гг.

Table 1 – Influence of external factors on the transpiration intensity of various varieties of amaranth in the phase of active vegetative growth, 2019-2020

наименование сорта	Пониженный уровень освещенность			повышенная влажность воздуха			повышенная температура		
	Убыль в весе, г	площадь листа, см ²	ИТ, г/м ² ч/	Убыль в весе, г	площадь листа, см ²	ИТ, г/м ² ч/	Убыль в весе, г	площадь листа, см ²	ИТ, г/м ² ч
зеленые сорта									
золотой гигант	0,9	80,25	44,86	0,6	81,18	29,56	2,06	81,18	101,5
харьковский 1	0,94	84,71	44,39	0,6	71,43	33,6	1,53	71,43	85,68
Крепыш	0,64	58,82	43,52	0,48	55,42	34,64	1,29	55,42	93,11
красностные сорта									
Валентина	0,9	92,59	38,88	0,84	73,49	45,72	2,24	73,49	121,92
Шестидесятник	0,87	65,82	52,87	0,73	55,56	52,56	1,29	55,56	92,87

Другим не менее важным внешним фактором является влажность воздуха. Основным органом транспирации является лист, с помощью которого вода по необходимости испаряется, охлаждая растение и убирая излишки воды. Данные таблицы 1 показывают, что наибольшая площадь листа была у сорта Золотой гигант, который показал наименьшую ИТ (29,56 г/м²ч). Однако несмотря на то, что сорта Харьковский-1 и Валентина имели примерно одинаковые площади листьев (71,43 и 73,49 см² соответственно), интенсивность транспирации значительно различалась (33,60 и 45,72 г/м²ч). Такие же выводы можно сделать и в отношении сортов Крепыш и Шестидесятник. При незначительной разнице площади листьев (55,42 и 55,56 см²) интенсивность транспирации отличалась почти в 1,5 раза (34,64 и 52,56 г/м²ч).

Повышенная температура и освещенность оказывают значительное влияние и усиливают процесс транспирации у всех изучаемых сортов амаранта: от 85,68 до 121,92 г/м²ч. Скорость испарения и масса испаряемой воды были намного выше, чем при влиянии

янии других внешних факторов. Результат повышенной ИТ – усиленный эффект охлаждения и защита от перегрева. Повышенная влажность у всех сортов (кроме сорта Валентина) подавляла ИТ (от 29,56 до 52,56 г/м²ч), что показывает хорошую устьичную регуляцию. Низкое или полное отсутствие освещенности оказало существенное влияние только на краснолистные сорта, которые показали самую высокую и самую низкую ИТ (от 38,88 до 52,87 г/м²ч); зеленые сорта показали среднюю ИТ (43,52-44,86 г/м²ч). Внешние факторы (повышенная влажность и слабая освещенность) оказали примерно одинаковое влияние на ИТ у сорта Шестидесятник (52,87 и 52,56 г/м²ч). (рисунок 1).

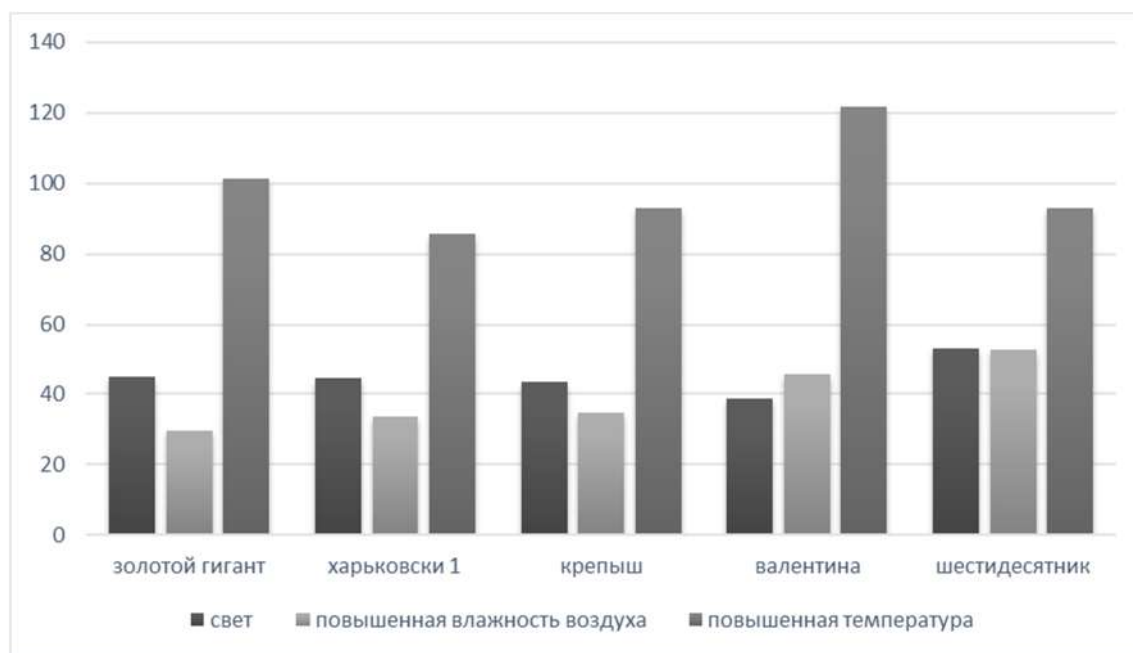


Рисунок 1 – Интенсивность транспирации при различных внешних факторах у исследуемых сортов амаранта, г/м²ч

Figure 1 – Transpiration intensity under various external factors in the studied amaranth varieties, g/m²h

Проведенный дисперсионный анализ показал следующее. По фактору А (сорта) фактический критерий меньше табличного (критического, теоретического) ($1,12 \leq 3,84$), нулевая гипотеза принимается, следовательно, изучаемый фактор не оказал существенного влияния на изменение ИТ (примерно 4 %). По фактору В (внешние факторы: свет, влажность, температура) фактический критерий значительно выше табличного (критического, теоретического) ($54,48 \geq 4,46$), нулевая гипотеза отклоняется, следовательно, изучаемый фактор оказал существенное влияние на изменение ИТ (варьирование существенно с 95 % вероятностью) [3, 5].

На ИТ оказывают влияние анатомо-морфологические признаки, структура листьев в зависимости от ярусности. Согласно закону Заленского, листья более высокого яруса обладают более высокой транспирацией по сравнению с листьями нижнего яруса вследствие худшего водоснабжения верхних листьев [6].

Наибольшую интенсивность транспирации у листьев верхнего яруса показал сорт Харьковский-1 (13,88 г/м²ч), наименьшую ИТ – сорт Шестидесятник (7,69 г/м²ч). У листьев нижнего яруса наибольшая ИТ была обнаружена у сорта Крепыш (11,96 г/м²ч), наименьшая ИТ – у сортов Харьковский-1 и Золотой Гигант (5,5 г/м²ч) (таблица 2).

Таблица 2 – Определение интенсивности транспирации срезанных листьев по Л.И.Иванову [7], среднее за 2019-2020 гг.

Table 2 – Determination of the transpiration intensity of cut leaves according to L.I. Ivanov [7], average for 2019-2020

наименование сорта	Ярус	потеря воды 5 листьями, мг	площадь листа, см ²	ИТ, г/м ² ч
зеленые сорта				
золотой гигант	Верхний	1,94	91,76	10,57
	Нижний	0,86	78,16	5,5
харьковский 1	Верхний	1,84	66,27	13,88
	Нижний	0,44	40	5,5
Крепыш	Верхний	0,84	50	8,4
	Нижний	0,76	31,76	11,96
краснолистные сорта				
Валентина	Верхний	0,59	32,05	9,2
	Нижний	0,77	27,5	14
Шестидесятник	Верхний	0,76	49,41	7,69
	Нижний	0,53	39,24	6,75

Следует отметить, что сорта Золотой гигант, Харьковский-1 и Шестидесятник показали более высокую ИТ у листьев верхнего яруса по сравнению с листьями нижнего яруса (в 1,1-2,5 раза больше): небольшие листья нижнего яруса находятся в тени более крупных листьев верхнего яруса (совокупное влияние света и температуры). У сортов Крепыш и Валентина нами была отмечена более высокая ИТ у листьев нижнего яруса (в 1,4 – 1,5 раза больше), что говорит о ксероморфной структуре листьев: листья растений, выращенных в засушливых условиях, проявляют те же изменения, что и листья верхнего яруса [6]. Подобные растения более устойчивы к засухе (рисунок 2).

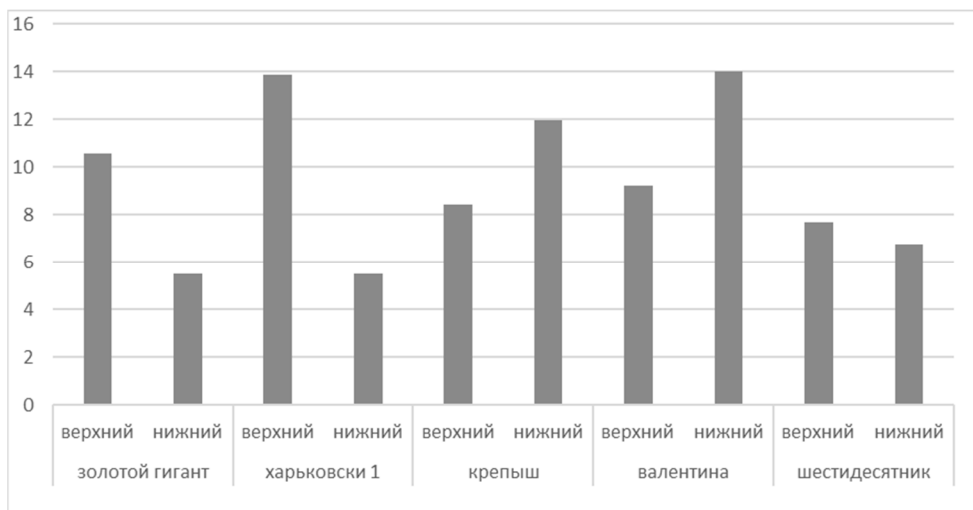


Рисунок 2 – Интенсивность транспирации верхнего и нижнего яруса у исследуемых сортов амаранта

Figure 2 – The intensity of transpiration of the upper and lower tiers in the studied varieties of amaranth

По количеству затраченной разными сортами амаранта воды в единицу времени определили скорость испарения воды (скорость использования водного запаса) и занесли данные в таблицу 3.

Таблица 3 – Скорость использования водного запаса в минуту у разных сортов амаранта

Table 3 – Water reserve utilization rate per minute for different varieties of amaranth

Наименование сорта	Ярус	Суммарная масса 5 листьев, г	Потеря воды за 20 минут, г	Потеря воды в минуту, г	Быстрота испарения в %
зеленые сорта					
Золотой гигант	Верхний	11,14	1,3	0,07	0,58
	Нижний	5,42	0,72	0,04	0,66
Харьковский 1	Верхний	10,22	1,58	0,08	0,77
	Нижний	2,34	0,4	0,02	0,85
Крепыш	Верхний	3,94	0,65	0,03	0,82
	Нижний	3,57	0,51	0,03	0,71
краснолистные сорта					
Валентина	Верхний	2,27	0,42	0,02	0,93
	Нижний	2,88	0,55	0,03	0,95
Шестидесятник	Верхний	3,36	0,57	0,03	0,85
	Нижний	1,96	0,29	0,01	0,74

Наиболее высокую скорость использования воды показал сорт Валентина на обоих ярусах (0,93 % и 0,95 % от общего веса). Наименьшую скорость использования воды показал сорт Золотой гигант. Остальные сорта демонстрировали примерно одинаковые показатели скорости испарения воды (таблица 3).

Выводы. Результаты полевых опытов по изучению водного режима, в частности процесса транспирации, в условиях Астраханской области показали зависимость ИТ от влияния внешних факторов (особенно от температуры и света) и от сорта амаранта. В ходе исследования были определены:

- зависимость интенсивности транспирации от основных экологических факторов (свет, влага, температура) и от изучаемого сорта амаранта;
- особенности транспирации у листьев верхнего и нижнего ярусов;
- скорость испарения у листьев в зависимости от сорта.

На основе проведенного исследования авторы делают выводы, что все изучаемые сорта амаранта хорошо приспосабливаются к неблагоприятным внешним факторам в зоне рискованного земледелия Астраханской области, благодаря высокой интенсивности транспирации хорошо развиваются и растут при повышенных температурах и низкой влажности воздуха.

Библиографический список

1. Бугрей И. В. Механизм передвижения воды в растениях // Сельскохозяйственные науки. 2019. № 1 (79).
2. Гинс М. С. Элементы технологии выращивания биомассы амаранта с повышенным содержанием антиоксидантов для получения функциональных продуктов профилактического назначения // Овощи России. 2016. № 4 (33). С. 90-95.
3. Доброхотов А. В. Экспериментальные исследования взаимосвязи между транспирацией и ассимиляцией со₂ в посевах с₃ и с₄ культур // Агрофизика. 2016. № 1. С. 24-31.
4. Иошпа А. Р., Коломойченко А. Е. Оценка дискомфорта климата астраханской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12 (54). Часть 1. С. 84-86.
5. Платонова С. Ю. Фенологическая характеристика сортов амаранта, выращенных в России и Эквадоре // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2015. № 1 (22). С. 14-19.
6. Платонова С. Ю. Изучение морфометрических и биохимических показателей растений *Amarantus tricolor*. L. сорта Валентина // Вестник РУДН. Серия агрономия и животноводство. 2018. Т. 13. № 1. С. 7-13.

7. Салина Ю. Б., Уталиев А. А., Александров С. О. Агрохимическая характеристика пахотных почв астраханской области // Агрохимическая служба. 2017. № 5. С. 29-33.
8. Салина Ю. Б., Яковлева Л. В. Комплексная оценка плодородия залежных земель Астраханской области // Агрохимический вестник. 2016. № 6. С. 10-13.
9. Сухановский Ю. П. Использование методов математической статистики для повышения информативности данных урожайности сельскохозяйственных культур в севооборотах многофакторного полевого опыта // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. Т. 63. № 6 (378). С. 94-97.
10. Чернышенко О. В. Интенсивность транспирации листьев у некоторых видов рода *Raemonia L.* как один из возможных показателей их адаптации к условиям среды // Лесной вестник. 2017. Т. 21. № 3. С. 78.
11. Liu F., Stützel H. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to soil drying // European Journal of Agronomy. 2002. № 26. P. 137-150.
12. Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from amaranth (*Amaranthus cruentus*) seeds / B. Salcedo-Chávez, J. A. Osuna-Castro, F. Guavara-Lara, J. Dominguez, O. Paredes-Lopez // J. agric. food chem. 2002. Vol. 50. P. 6515–6520.
13. Sushil N., Suneeta P. Amaranth - A Functional Food // Con Dai & Vet Sci. 2018. № 1 (3).

Информация об авторах

Валькова Татьяна Валерьевна, аспирант кафедры агробиотехнологий, инженерии и агробизнеса ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет» (Россия, 414000, ул. Татищева, 20А, Астрахань), Россия, e-mail: twalkowa@mail.ru

Ионова Лидия Петровна, профессор кафедры агротехнологий, инженерии и агробизнеса ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет» (Россия, 414000, ул. Татищева, 20А, Астрахань), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: ion-lida@yandex.ru

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-23

THE FEATURES OF THE MINERAL COMPOSITION OF THE MEAT OF THE KALMYK BREEDS OF SHEEP OF «KURDYUK» TYPE

I. F. Gorlov^{1,2}, M. I. Slozhenkina^{1,2}, S. A. Knyazeva¹, I. V. Cerenov¹,
E. V. Karpenko¹, E. S. Vorontsova¹, N. I. Mosolova¹

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-Milk Production, Volgograd

²Volgograd State Technical University, Volgograd

Received 12.03.2022

Submitted 25.05.2022

The work was carried out under the Grant of RGNF 22-16-00041, GNU NIIMMP

Abstract

Introduction. At present, Russian sheep breeding is characterized by high growth rates due to government support and good profitability. There is a need for new, more productive breeds of cattle. Agricultural production cooperative «Kharba» of the Republic of Kalmykia is engaged in breeding and improving Kalmyk breeds of sheep of «Kurdyuk» type. The study of the mineral composition of the meat of sheep meat is of particular scientific and practical interest, since this issue has been little studied. The aim of the scientific work is to study the mineral composition of mutton, obtained from the type of Kalmyk breeds of sheep of «Kurdyuk» type, as an important indicator of the biological value of meat. **Object.** The objects of research are samples of meat raw materials taken during the slaughter of sheep of the original and hatched type. **Materials and methods.** Modern methods based on mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-MS) and atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma (AES-ICP) were used in the studies. **Results and conclusions.** The mineral composition is an important component of the biological value of meat, as micro- and microelements affect most organs and functions of the body. Thus, mutton obtained from both types of sheep has a good quality mineral composition. At the same time, the meat of sheep of the output type contains more potassium, magnesium, sodium, phosphorus, copper, zinc, iron, selenium, silicon and manganese. Such properties of meat speak about the improvement of immunity and productivity of sheep, as well as about the better ability to assimilate and accumulate useful substances. As a result of breeding work, an assumed type of Kalmyk breeds of sheep of «Kurdyuk» type was obtained, characterized by greater meat productivity and biological value of raw materials. The results of the study of the mineral composition of sheep meat of the initial and output type are presented. An assessment of the mineral availability of mutton was also carried out based on the needs of the population in some vital micro- and macroelements.

Key words: Kalmyk breeds of sheep of «Kurdyuk» type, sheep, bred type, mineral composition, trace elements, macronutrients, biological value.

Citation: Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Knyazeva S. A., Cerenov I. V., Karpenko E. V., Vorontsova E. S., Mosolova N. I. The features of the mineral composition of the meat of the Kalmyk breeds of sheep of «Kurdyuk» type. *Proc. of the Lower Volga AgroUniversity Comp.* 2022. 2(66). 185-190 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-23.

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

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

УДК 636.3.033

**ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА МЯСА
КАЛМЫЦКИХ КУРДЮЧНЫХ ОВЕЦ ВЫВОДИМОГО ТИПА****И. Ф. Горлов^{1,2}**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН**М. И. Сложенкина^{1,2}**, доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН**С. А. Князева¹**, лаборант-исследователь**И. В. Церенов¹**, кандидат сельскохозяйственных наук**Е. В. Карпенко¹**, кандидат биологических наук**Е. С. Воронцова¹**, кандидат биологических наук**Н. И. Мосолова¹**, доктор биологических наук¹Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград**Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041, ГНУ НИИММП**

Дата поступления в редакцию 12.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. В настоящее время российское овцеводство характеризуется высокими темпами роста, что связано с государственной поддержкой и хорошей рентабельностью подотрасли. Появилась необходимость в новых, более продуктивных породах скота. СПК ПЗ «Харба» республики Калмыкия занимается разведением и совершенствованием овец калмыцкой курдючной породы. Изучение минерального состава мяса овец мясосального направления представляет особый научный и практический интерес, так как этот вопрос мало изучен. **Целью** научной работы является исследование минерального состава баранины, полученной от выводимого типа калмыцких курдючных овец, как важного показателя биологической ценности мяса. **Объект.** Объектами исследований выступают пробы мясного сырья, отобранные при убое овец исходного и выводимого типа. **Материалы и методы.** При выполнении исследований применены современные методы, основанные на масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП), и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП). **Результаты и выводы.** Минеральный состав является важной составляющей биологической ценности мяса, так как микро- и макроэлементы оказывают влияние на большинство органов и функций организма. Таким образом, баранина, полученная от обоих видов овец, имеет хороший качественный минеральный состав. При этом в мясе овец выводимого типа содержится больше калия, магния, натрия, фосфора, меди, цинка, железа, селена, кремния и марганца. Такие свойства мяса говорят об улучшении иммунитета и продуктивности овец, а также о лучшей способности усваивать и накапливать полезные вещества. В результате селекционной работы был получен предполагаемый тип калмыцких курдючных овец, отличающийся большей мясной продуктивностью и биологической ценностью сырья. Приведены результаты исследования минерального состава мяса овец исходного и выводимого типа. Также проведена оценка минеральной обеспеченности баранины исходя из потребностей населения в некоторых жизненно важных микро- и макроэлементах.

Ключевые слова: калмыцкая курдючная порода овец, выводимые типы овец, минеральный состав баранины, биологическая ценность мяса овец.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Князева С. А., Церенов И. В., Карпенко Е. В., Воронцова Е. С., Мосолова Н. И. Особенности минерального состава мяса калмыцких курдючных овец выводимого типа. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 185-190. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На современном восстановительном этапе овцеводства возникла необходимость в новых селекционных решениях. В аридных зонах овцеводство – основная отрасль сельского хозяйства, которая позволяет оптимально распорядиться имеющимися ресурсами. Появилась потребность в новых породах овец, которые будут максимально использовать естественные пастбища и при этом обладать высокой скороспелостью и качеством сырья [6, 9-11]. СПК ПЗ «Харба» Юстинского р-на республики Калмыкия занимается селекционной работой по получению нового высокопродуктивного типа курдючных овец калмыцкой породы. Эта порода характеризуется крепкой конституцией, длинным туловищем, большой живой массой и ярко выраженными мясосальными формами [1]. Племенная работа с овцами в хозяйстве направлена на отбор лучших особей по мясной продуктивности и качеству получаемой баранины для создания новых генотипов.

Для сохранения здоровья и работоспособности необходимо обеспечить население продуктами, богатыми всеми необходимыми нутриентами. Микро- и макронутриенты – это незаменимые вещества, которые необходимы для нормального роста, развития и функционирования организма [2, 4].

Материалы и методы. Научно-производственный опыт проводился в СПК «Харба». Для исследований было отобрано по две группы баранчиков калмыцкой курдючной породы в возрасте 4 и 7 месяцев. В контрольную группу входили баранчики исходного типа, в опытную предполагаемого выводимого типа. В качестве кормовой базы были использованы естественные пастбища.

После контрольного убоя туши прошли первичную переработку, подверглись обвалке и жиловке. Для исследований были использованы средние пробы мяса от овец разных типов. Для определения элементного состава проб был применен метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП), метод атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП). В качестве аппаратуры были использованы квадрупольный масс-спектрометр Nexion 300D и атомно-эмиссионный спектрометр Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США). Анализ на содержание каждого элемента проводился с трехкратным повторением для обеспечения точности измерений.

Статистическая обработка данных была осуществлена с использованием пакета программ Microsoft Office. Достоверность различий в минеральном составе между видами мяса, полученными от овец контрольной и опытной групп, оценивалась с использованием критерия Стьюдента [7].

Результаты и обсуждение. Результаты анализа элементного состава баранины от разных типов овец представлены в таблице 1.

Исследуемые минеральные вещества являются незаменимыми компонентами, которые выполняют жизненно важные функции в организме.

Такое свойство мяса имеет важное значение и повышает его ценность. Кальций и магний оказывают значительное влияние не только на состояние костной системы, но и способствуют регуляции процесса свертывания крови и нервно-мышечной проводимости. Калий и натрий поддерживают кислотно-щелочной и водно-солевой балансы соответственно и являются одними из важнейших компонентов внутриклеточной жидкости. Фосфор в первую очередь служит для производства энергии, а также регулирует нормальное функционирование мышечной и нервной системы. Наличие большого количества микроэлементов также повышает биологическую ценность баранины. Так, например, железо входит в состав гемоглобина и цитохромов, йод – нормализует работу гормонов щитовидной железы, цинк и селен – повышают уровень общего иммунитета [3, 8].

Из макроэлементов в мясе овец калмыцкой породы отмечается наибольшее содержание калия и фосфора, из микроэлементов – цинка и железа. В ходе анализа мяса, полученного от 4-х месячных групп, было выявлено, что опытная группа превосходит

контрольную по содержанию калия на 13,08 %, магния – на 0,53 %, натрия – 0,50 %, фосфора – на 2,65 %, меди – на 2,86 %, цинка – на 3,04 %, железа – на 6,48 %, селена – на 20,00 %, кремния – на 10,23 %, марганца – на 31,25 %. В группах баранчиков в возрасте 7 месяцев выявлены аналогичные отличия: калия больше в опытной группе на 6,95 %, магния – на 0,88 %, натрия – на 3,87 %, фосфора – на 5,14 %, меди – на 1,37 %, цинка – на 7,39 %, железа – на 5,94 %, марганца – на 39,13 %.

Таблица 1 – Минеральный состав баранины

Table 1 – Mineral composition of lamb

№ п/п	Наимено- вание элемента	Содержание, мкг/г			
		4 мес.		7 мес.	
		контрольная группа	опытная группа	контрольная группа	опытная группа
Макроэлементы					
1	Ca (кальций)	44,87±1,04	41,12±0,91*	76,89±0,31	76,11±0,19*
2	K (калий)	2143,67±26,21	2487,14±34,28***	2356,13±12,17	2532,36±12,93***
3	Mg (магний)	240,09±1,09	241,38±1,32*	241,01±1,28	243,14±1,30**
4	Na (натрий)	568,15±1,97	571,03±2,49*	589,54±9,87	613,29±10,02***
5	P (фосфор)	2099,11±7,11	2156,26±7,39***	2122,04±12,95	2237,10±13,17***
Микроэлементы					
6	I (йод)	1,04±0,07	0,98±0,08	1,03±0,06	1,01±0,08
7	Cu (медь)	0,68±0,15	0,70±0,08	0,72±0,11	0,73±0,09
8	Zn (цинк)	21,37±0,20	22,04±0,24*	21,43±0,55	23,14±0,63**
9	Fe (железо)	19,05±0,31	20,37±0,55*	19,78±0,11	21,03±0,15**
10	Se (селен)	0,08±0,05	0,10±0,08	0,16±0,05	0,21±0,07
11	Si (кремний)	2,28±0,07	2,54±0,09*	2,30±0,04	2,18±0,03*
12	Mn (марганец)	0,11±0,01	0,16±0,02*	0,14±0,02	0,23±0,03*

Примечание: здесь и далее сравниваются баранчики исходного типа выводимым * - $p \geq 0,95$; ** - $p \geq 0,99$; *** - $p \geq 0,999$.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что баранина обоих типов обладает достаточно богатым минеральным составом, так как содержит все необходимые для человека вещества, установленные ГУ НИИ питания РАМН. Данные о потребностях в минеральных веществах приведены в таблице 2 [5].

Таблица 2 – Потребность в основных минеральных веществах

Table 2 – The need for basic minerals

№ п/п	Наименование элемента	Уточненная физиологическая потребность
Макроэлементы		
1	Na (натрий)	1300 мг
2	P (фосфор)	800 мг
3	Ca (кальций)	1000 мг
4	Mg (магний)	400 мг
5	K (калий)	2500 мг
Микроэлементы		
6	Fe (железо)	10 мг
7	Cu (медь)	1 мг
8	Zn (цинк)	12 мг
9	I (йод)	150 мкг
10	Se (селен)	55 мкг
11	Si (кремний)	30 мг
12	Mn (марганец)	2 мг

Суточная норма потребления мяса для человека составляет примерно 150 г. Данные, приведенные в таблице 1, позволяют сделать выводы о минеральной обеспеченности баранины, полученной от калмыцких овец выводимого типа.

Был произведен расчет для наиболее высоких показателей. По результатам можно сделать вывод, что баранина от выводимого типа богата фосфором, так как ее потребление в количестве 150 г восполняет суточную потребность в этом макроэлементе на 26,95 % – в 4 мес., на 27,96 % – в 7 мес. При употреблении мяса от 7-ми месячных овец потребность в калии восполняется на 10,13 %, в магнии – на 5,59 %, натрия – на 4,71 %. При микроэлементном расчете было выявлено, что суточная потребность в железе удовлетворяется на 21,03 %, в цинке – на 19,50 %, в меди – на 7,3 %.

Выводы. Минеральный состав является важной составляющей биологической ценности мяса, так как микро- и макроэлементы оказывают влияние на большинство органов и функций организма. Таким образом, баранина, полученная от обоих видов овец, имеет хороший качественный минеральный состав. При этом в мясе овец выводимого типа содержится больше калия, магния, натрия, фосфора, меди, цинка, железа, селена, кремния и марганца. Такие свойства мяса говорят об улучшении иммунитета и продуктивности овец, а также о более эффективной способности усваивать и накапливать полезные вещества. В результате селекционной работы предполагается оформление заявки на селекционное достижение – новый тип калмыцких курдючных овец, отличающийся лучшей мясной продуктивностью и биологической ценностью сырья. Приведены результаты исследования минерального состава мяса овец исходного и выводимого типа. Также проведена оценка минеральной обеспеченности баранины исходя из потребностей населения в некоторых жизненно важных микро- и макроэлементах.

Библиографический список

1. Зулаев М. С. Пути и методы создания калмыцкой курдючной породы овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2014. № 1. С. 10-11.
2. Линич Е. П., Сафонова Э. Э. Функциональное питание. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 180 с.
3. Lupinskaya S. M., Lobacheva E. M., Mazeeva I. A. Methodology of science of food and nutrition. Kemerovo: KGU, 2020. 123 p.
4. Назаренко А. С., Хаснутдинов Н. Ш. Основы спортивной нутрициологии. Казань: Поволжский ГУФКСИТ, 2020. 236 с.
5. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 / В. А. Тутельян, А. К. Батурин, М. М. Гаппаров [и др.]. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2009. 36 с.
6. Продуктивные качества овец калмыцкой курдючной породы / М. С. Зулаев, Н. К. Надбитов, Г. А. Оргадулова [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 4. С. 14.
7. Рассел Дж. Т-критерий Стьюдента. М.: VSD, 2013. 741 с.
8. Шокина Ю. В. Рациональное питание. Теория и практика. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 140 с.
9. Growth hormone (GH) gene polymorphism and its association with meat productivity in two rough wool sheep breeds grown in Russia's dry zone / I. F. Gorlov [et al.] // International Journal of Agriculture and Biology. 2021. No 25 (1). P. 255-259.
10. Perspectives and challenges of global cattle and sheep meat and milk production / M. P. Petrovic [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 848 (1).
11. Young sheep of romanov breed: Productivity and biological features at different levels of energy and protein in the diet / V. G. Dvalishvili [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 677 (3).

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор с.-х. наук, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37- 38-09, зав. кафедрой «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>. E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37- 38-09, профессор кафедры «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>. E-mail: niimmp@mail.ru

Князева Софья Александровна, лаборант-исследователь ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3588-6748>. E-mail: sofya-knyazeva@mail.ru

Церенов Игорь Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, соискатель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37- 38-09, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4592-5168>. E-mail: cbaska@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09. E-mail: niimmp@mail.ru

Карпенко Екатерина Владимировна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37- 38-09, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003036436431>. E-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6559-6595>. E-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-24

IMPACT OF THE DIET STRUCTURE ON THE PLAYBACK OF MARES OF RUSSIAN TROTTER BREED

A. T. Varakin ¹, V. G. Epifanov ², V. S. Zoteev ³, G. A. Simonov ⁴, A. A. Sanin ³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy
named after K. A. Timiryazev, Moscow*

³*Samara State Agrarian University, Samara*

⁴*Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming, Vologda*

Received 04.03.2022

Submitted 29.04.2022

Summary

The article presents data from studies on changing the structure of diets mares of the Russian trotting breed in the conditions of the Central Moscow Hippodrome. The results of the research showed, that in the structure of the diet of mares increase in the amount of concentrated feed up to 70 % improves their athletic performance.

Abstract

Introduction. Objective: explore the possibility of using a high proportion of concentrated feed in the structure of diets of mares of the Russian trotting breed. The article highlights the issues of increasing the amount of concentrated feed in the diet of mares to increase their agility. **Materials and Methods.** The

studies were carried out on mares of the Russian trotting breed at the Central Moscow Hippodrome. Were formed 2 groups of animals 8 heads each. **Results and conclusions.** The positive effect of increasing the share of concentrated feed in the structure of the diet up to 70% has been established to reduce the time for horses to pass a standard distance of 1600 m. At the same time an increase in their digestibility of dry and organic matter was noted, protein, fat, fiber, nitrogen-free extractives feed diet.

Key words: diet, concentrated feed, mares, Russian trotter, playfulness, digestibility of nutrients.

Citation. Varakin A. T., Epifanov V. G., Zoteev V. S., Simonov G. A., Sanin A. A. Impact of the diet structure on the playback of mares of Russian trotting breed. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2 (66). (in Russian). 190-196. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-24.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper. The authors of this article are familiar with the submitted final version and approved it.

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

УДК 616.05.53.084.415

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РАЦИОНА НА РЕЗВОСТЬ КОБЫЛ РУССКОЙ РЫСИСТОЙ ПОРОДЫ

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. Г. Епифанов², доктор биологических наук, профессор

В. С. Зотеев³, доктор биологических наук, профессор

Г. А. Симонов⁴, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

А. А. Санин³, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева,
г. Москва

³Самарский государственный аграрный университет, г. Самара

⁴Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский
институт молочного и лугопастбищного хозяйства, г. Вологда

Дата поступления в редакцию 12.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. В статье представлены данные исследований по изменению структуры рационов кобыл русской рысистой породы в условиях ЦМИ (Центральный Московский Ипподром). Результаты исследований показали, что в структуре рациона кобыл увеличение количества концентрированных кормов до 70% позволяет улучшить их спортивные показатели. **Цель работы:** изучить возможность использования высокой доли концентрированных кормов в структуре рационов кобыл русской рысистой породы. В статье освещены вопросы увеличения количества концентрированных кормов в рационе кобыл для повышения их резвости. **Материалы и методы.** Исследования проводились на кобылах русской рысистой породы на Центральном Московском ипподроме. Было сформировано 2 группы животных по 8 голов в каждой. **Результаты и выводы.** Установлено положительное действие повышения доли концентрированных кормов в структуре рациона до 70 % на снижение времени прохождения лошадьми стандартной дистанции 1600 м. При этом отмечено повышение переваримости ими сухого и органического вещества, протеина, жира, клетчатки, БЭВ кормов рациона.

Ключевые слова: рационы кобыл, концентрированные корма, кобылы, русская рысистая порода лошадей, резвость, переваримость питательных веществ.

Цитирование. Варакин А. Т., Епифанов В. Г., Зотеев В. С., Симонов Г. А., Санин А. А. Влияние структуры рациона на резвость кобыл русской рысистой породы. *Известия НВ АУК.* 2022. 2 (66). 190-196. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-24.

Авторский вклад. Все авторы проведённого исследования непосредственно участвовали в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние годы в нашей стране больше стали уделять внимание отрасли коневодства. Лошадей используют в качестве гужевого транспорта, задействуют в различных спортивных мероприятиях, получают от них мясо (конина), молоко (кумыс), козевенное сырьё [17].

Для того чтобы эффективно развивать эту отрасль животноводства и в частности спортивное коневодство, необходимо совершенствовать кормление лошадей.

На полноценное и сбалансированное питание животных, от которого зависит продуктивность, состояние здоровья, работоспособность, резвость, указано в ряде работ [3, 5, 6, 8-11, 13, 18, 19, 21, 22]. Например, структура рациона оказывает влияние на переваримость кормов в организме и усвоение питательных веществ корма.

По общепринятой технологии работы с молодняком лошадей с 18-месячного возраста проводится групповой тренинг, при котором повышается потребность животных в энергии. Необходимо увеличивать в рационе количество легкопереваримых энергоресурсов, и в первую очередь крахмала. Одновременно у молодняка этого возраста снижается потребность в протеине. В начале периода группового тренинга жеребят должны получить до 5 кг зерна.

В настоящее время в связи с ростом показателей рабочих качеств лошадей рысистых пород увеличивается потребность их в концентрированных кормах. Остро встаёт проблема рационального их использования. В связи с этим исследования, связанные с разработкой научно обоснованных оптимальных норм скармливания зерна спортивным лошадям, имеют большое теоретическое и практическое значение.

Цель работы - изучить возможность использования высокой доли концентрированных кормов в структуре рационов кобыл русской рысистой породы.

В задачи исследований входило:

- разработать рационы для кобыл с повышенным содержанием концентратов;
- дать оценку показателей резвости кобыл при концентратном типе кормления;
- установить потребление, переваримость питательных веществ у кобыл русской рысистой породы;
- изучить уровень энергетического обмена.

Материалы и методы. Исследования проводились на кобылах русской рысистой породы (n=16), проходящих тренинг и подготовку к ипподромным испытаниям на Центральном Московском ипподроме в возрасте 2 лет. Лошади содержались в индивидуальных денниках. Кормление осуществлялось с учётом норм кормления в период тренинга и испытаний (таблица 1). Нормированное кормление животных и птицы способствует повышению продуктивности и получению качественной продукции [1, 4, 7, 11, 12, 15, 16, 20].

Было сформировано две группы животных по 8 голов в каждой.

В эксперименте первой (контрольной) группе лошадей скармливали в структуре рациона 66,5 % концентратов. Во второй (опытной) группе количество концентрированных кормов увеличили до 70,0 %.

В конце исследований провели балансовый опыт с целью изучения переваримости питательных веществ рационов.

Контроль за полноценностью кормления и состоянием здоровья кобыл осуществлялся путём изучения состава крови и её сыворотки. Кровь брали из яремной вены утром до кормления у трёх животных из каждой группы.

Таблица 1 – Рацион кормления кобыл / Table 1 – Feeding diet for mares

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
Сено злаково-разнотравное, кг / Hay cereal-forb, kg	5,0	4,1
Зерно кукурузы, кг / Corn grain, kg	1,5	1,5
Зерно овса, кг / Oat grain, kg	4,0	4,6
Отруби пшеничные, кг / Wheat bran, kg	1,0	1,0
Морковь, кг / Carrots, kg	2,0	2,0
Соль поваренная, кг / Salt, kg	0,031	0,031
Премикс, кг / Premix, kg	0,065	0,065
Содержание питательных веществ: / Nutrient content substances:		
ЭКЕ / ЕКЕ	10,08	10,08
Обменной энергии, МДж / Exchange energy, MJ	100,8	100,8
Сырого протеина, кг / Crude protein, kg	12,35	12,59
Лизина, г / Lizina, g	58	61
Сырой клетчатки, кг / Crude fiber, kg	2,13	2,00
Кальция, г / Calcium, g	57	59
Фосфора, г / Phosphorus, g	46	48
Магния, г / Magnesium, g	14,6	14,5
Железа, мг / Iron, mg	2711	2723
Меди, мг / Copper, mg	95	95
Цинка, мг / Zinc, mg	280	282
Кобальта, мг / Cobalt, mg	5,5	5,6
Марганца, мг / Manganese, mg	330	332
Йода, мг / Iodine, mg	5,5	5,6
Каротина, мг / Carotene, mg	170	169
Витамина А, тыс. МЕ / Vitamin A, thousand IU	45	45
D ₃ , тыс. МЕ / D ₃ , thousand IU	4,3	4,3
Е, мг / E, mg	430	430
В ₁ , мг / B ₁ , mg	50,0	50,0
В ₂ , мг / B ₂ , mg	51,0	51,0
В ₃ , мг / B ₃ , mg	60,0	60,0
В ₄ , мг / B ₄ , mg	2530	2530
В ₆ , мг / B ₆ , mg	26	26
В ₁₂ , мкг / B ₁₂ , mcg	101	101

Результаты и обсуждение. Результаты резвости подопытных кобыл приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты соревнований кобыл породы русский рысак двухлетнего возраста

Table 2 – The results of the competition of two-year-old russian trotter mares

Группа / Group	Количество животных / Quantity animals	Дистанция, м / Distance, m	Резвость, мин.сек. / Playfulness, min.sec.
1 контрольная / 1 control	8	1600	2.14,5±0,62
2 опытная / 2 experimental	8	1600	2.09,3±0,88

Анализ полученных данных показывает, что кобылы 2 опытной группы на 2,5 % быстрее проходили дистанцию в 1600 м ($P<0,001$).

Повышение доли концентрированных кормов в структуре рациона животных 2 опытной группы повысило потребление сухого вещества на 1,9 % ($P<0,01$), органического вещества на 2,6 % ($P<0,01$). Кобылы 2 опытной группы потребили БЭВ больше на 4,1 % ($P<0,01$), по сравнению со сверстниками 1 контрольной группы.

Рационы животных в балансовом опыте по набору кормов, структуре, энергетической ценности, содержанию в них питательных, минеральных и биологически активных веществ полностью соответствовали таковым за период научно-хозяйственного опыта.

Таблица 3 – Переваримость питательных веществ кормов рационов
подопытными кобылами, %

Table 3 – Digestibility of dietary nutrients experimental mares, %

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	1 – контрольная / 1 – control	2 – опытная / 2 – experimental
Сухое вещество / Dry matter	67,08±0,57	67,50±0,49
Органическое вещество / Organic matter	68,03±0,61	69,02±0,39
Сырой протеин / Crude protein	65,24±0,89	66,90±0,35
Сырая клетчатка / Crude fiber	41,29±0,81	43,19±1,49
Сырой жир / Crude fat	57,67±1,03	58,34±0,85
БЭВ / BEV	74,22±0,19	75,03±0,70

При расчёте коэффициентов переваримости по результатам физиологических исследований, проведённых на фоне научно-хозяйственного опыта (таблица 3), было установлено, что у кобыл 2 опытной группы переваримость всех питательных веществ была выше контроля: сухого вещества – на 0,42 абс. %, органического вещества – на 0,99, протеина – на 1,66, жира – на 0,67, клетчатки – 1,90 и БЭВ – на 0,81 абс. %.

В результате физиологических исследований было установлено, что повышение доли концентрированных кормов в структуре рациона кобыл в период их выступления на спортивных соревнованиях способствует повышению переваримости питательных веществ кормов рациона.

Баланс азота у кобыл 1 контрольной и 2 опытной групп был положительным.

Для контроля полноценности кормления животных значительным и весьма важным служит проведение исследования их гематологических показателей [2, 22].

Так, уровень глюкозы в крови лошадей в период тренинга и испытаний является наиболее значимым показателем энергетического обмена. У кобыл 2 опытной группы после соревнований отмечено резкое повышение уровня глюкозы в крови до 7,12±0,98 ммоль/л, а у животных контрольной группы до 6,75±1,20 ммоль/л.

В период испытаний у животных 2 опытной группы, получавших 70 % концентратов в структуре рациона, отмечен более высокий уровень энергетического обмена.

Выводы. Установлено, что использование в структуре рациона лошадей русской рысистой породы 70,0 % концентрированных кормов позволило увеличить их резвость при прохождении дистанции 1600 м на 5,2 сек или 2,5 %. При этом отмечено повышение у кобыл переваримости сухого и органического вещества, протеина, жира, клетчатки, БЭВ кормов рациона.

Библиографический список

1. Влияние препарата креззоферана на энергию роста ремонтного молодняка курнесушек / А. С. Федин [и др.] // Эффективное животноводство. 2013. № 5 (91). С. 22-23.
2. Гематологические показатели бычков при введении в рационы селенсодержащих добавок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 209-218.
3. Епифанов В. Г., Степанова Г. С. Резвостные показатели рысистых пород лошадей в условиях интенсивного кормления концентрированными кормами // Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения. 2015. С. 94-98.

4. Источники биологически активных ксантофиллов для яичной продукции / А. А. Шапошников [и др.] // Птицеводство. 2009. № 4. С. 41.
5. Как эффективнее выращивать мясной скот на субальпийских пастбищах в условиях Дагестана / М. М. Садыков [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2017. № 3 (31). С. 63-66.
6. Курилова Н. М., Белоновская О. С., Фролова Л. А. Изучение влияния балансирующей кормовой добавки Energies Pellets на показатели обмена веществ у спортивных лошадей // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015. № 6. С. 62-67.
7. Оптимизация уровня меди в рационе холостых овцематок / В. С. Зотеев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 2. С. 31-34.
8. Организация полноценного кормления молочных коров Сахалинской области // Г. А. Симонов [и др.] // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой году экологии в России. 2017. С. 1369-1371.
9. Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 152-161.
10. Пастбища и их роль в кормлении молочного скота в условиях Европейского Севера РФ / Е. Тяпугин [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 5. С. 23-24.
11. Переваримость питательных веществ и энергия роста козочек зааненской породы при включении в рацион сухой пивной дробины / Д. Г. Захарова [и др.] // Научное и творческое наследие академика ВАСХНИЛ И. С. Попова в науке о кормлении животных: материалы Международной научно-практической конференции. Москва, 2018. С. 52-55.
12. Переваримость питательных веществ рационов холостыми овцематками в летний период / А. С. Ушаков [и др.] // Эффективное животноводство. 2017. № 6 (136). С. 46-47.
13. Разведение кроссбредных овец аксарайского типа / Г. А. Симонов, Г. К. Тюлебаев, Г. Нугманов // Зоотехния. 2008. № 6. С. 9-12.
14. Рыжиковый жмых в комбикормах для лактирующих коров / В. С. Зотеев [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 29-32.
15. Симонов Г. А., Гуревич В. И. Тритикале в рационе лактирующих свиноматок // Эффективное животноводство. 2012. № 8 (82). С. 48-49.
16. Ферросил повышает продуктивность кур-несушек / А. Федин [и др.] // Комбикорма. 2015. № 4. С. 62.
17. Ходанов Е. В., Анганов В. В., Митыпова Е. Н. Мясная продуктивность бурятских лошадей и их помесей с русской тяжеловозной породой // Актуальные проблемы зоотехнической науки и практики. Улан-Удэ, 2010. С. 198-203.
18. Экономическая эффективность разных типов кормления бычков в аридной зоне России / М. Ш. Магомедов [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2017. № 1 (29). С. 68-71.
19. Эффективность кормления коров по детализированным нормам / А. П. Калашников [и др.] // Животноводство. 1984. № 9. С. 7-8.
20. Эффективность применения селебена в птицеводстве / И. Яппаров [и др.] // Птицеводство. 2006. № 9. С. 20.
21. Ятрушев Л. А. Пробиотик «Зоонорм» в кормлении жеребят русской рысистой породы // Коневодство и конный спорт. 2013. № 3. С. 27-28.
22. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / А. Т. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.

Информация об авторах

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/00000003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Епифанов Виктор Геннадьевич, профессор кафедры кормления РГАУ-МСХ имени К.А. Тимирязева (Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49); доктор биологических наук, профессор; Тел. 8 903 173 07 09

Зотеев Владимир Степанович, профессор кафедры «Зоотехния» Самарского государственного аграрного университета (Россия, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2); доктор биологических наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7853-4569>; E-mail: Vladimir.zotееv@yandex.ru

Симонов Геннадий Александрович, главный научный сотрудник отдела кормов и кормления сельскохозяйственных животных Вологодского научного центра РАН, Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, 14); доктор сельскохозяйственных наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4559-233X>; E-mail: gennadiy000@mail.ru

Санин Андрей Александрович, научный сотрудник Самарского государственного аграрного университета (Россия, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2); кандидат сельскохозяйственных наук, Тел. 8 927 603 17 76

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-25

MEAT PRODUCTIVITY OF SHEEP OF DIFFERENT GENOTYPES

Yu. A. Kolosov¹, N. G. Chamurliев², A. S. Degtyar'¹, F. A. Smorodin¹

¹*Don State Agrarian University, Rostov region, Oktyabrsky district, v. Persianovsky*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 12.04.2022

Submitted 13.05.2022

Summary

The article presents the results of studying the 8 main indicators of meat productivity of crossbred young animals obtained as a result of crossing fine-fleeced queens with rams of the Dzhalginsky and Stavropol breeds. The effectiveness of the use of sheep-producers of the Dzhalginsky merino breed on sheep of the Soviet Merino breed has been experimentally proven, in order to increase the slaughter qualities, morphological and varietal composition of carcasses in the resulting offspring.

Abstract

Introduction. The economic priorities of the sheep industry have changed. Animals with a combined nature of productivity have become more in demand due to their higher competitiveness and thus provide the necessary level of efficiency of sheep breeding. Subsidies paid for the wool produced do not fully cover the costs of merino wool production, but contribute to the formation of the overall profitability of sheep farming. From this we can conclude that in this segment of sheep breeding it is important, without losing the level and quality of wool productivity, to increase meat productivity. The purpose of the scientific experiment was to compare the productive qualities of the crossbreeds obtained from crossing the breeds Soviet merino, Dzhalginskaya and Stavropol. **Object.** The object of research was crossbred sheep of 6 months of age. **Material and methods.** To study the issue, 3 groups of sheep with 70 heads aged from 3.5 to 4.5 years were formed according to the 1 principle of analog groups. In all three groups, sheep of the Soviet Merino breed acted as the mother base. Soviet Merino sheep (control group), as well as Dzhalginsky merino and Stavropol breeds were selected for insemination of ewes. Experimental groups of sheep with genotypes were formed from the resulting lambing of young animals: Soviet Merino; 1/2 Stavropol + 1/2 Soviet Merino, 1/2 Dzhalginsky merino + 1/2 Soviet Merino. At the end of the planned growing period, a control slaughter of sheep was carried out. A comprehensive assessment of the meat productivity of sheep was carried out by assessing the live weight before slaughter and post-slaughter determination of carcass mass, internal fat mass, ratio in carcass pulp and bones, meat yield by grade. **Results and conclusions.** The young animals of the experimental groups had superiority over the control in terms of lifetime indicators of meat productivity. Differences remained in the post-slaughter characteristics. Animals 2 and 3 groups were distinguished by the highest yield of cuts of the first grade. This indicator it turned out to be higher than in the control group by 4.5% (half-blooded lambs of the Dzhalginsky breed) and 1.9% (half-blooded lambs of

the Stavropol breed). The consequence of the established superiority was a smaller yield of bones from the carcass in these experimental groups of animals. As a result, according to the meat content coefficient, which shows the degree of the ratio of pulp and bones in the carcass, we recorded the superiority of 4 crossbred young animals in the experimental groups. This gives reason to assert that the qualitative characteristics of meat productivity were expressed to a greater extent in the sheep of the 2 experimental group. Thus, the effectiveness of the use of sheep-producers of the Dzhalginsky merino breed has been experimentally proven on sheep of the Soviet merino breed in order to increase the slaughter qualities, morphological and varietal composition of carcasses in offspring.

Key words: *sheep breeding, crossing, crossbreed, meat productivity, pre-slaughter live weight.*

Citation. Kolosov Yu.A., Chamurliiev N.G., Degtyar A.S., Smorodin F.A. Meat productivity of sheep of various genotypes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 196-202 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-25.

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

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

УДК 636.32/38.033

МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВЕЦ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ

Ю. А. Колосов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. Г. Чамурлиев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. С. Дегтярь¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Ф. А. Смородин¹, аспирант

¹Донской государственный аграрный университет,

Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.04.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

Актуальность. Экономические приоритеты отрасли овцеводство изменились. Животные с комбинированным характером продуктивности стали более востребованными благодаря их более высокой конкурентоспособности и тем самым обеспечивают необходимый уровень эффективности разведения овец. Субсидии, выплачиваемые на произведенную шерсть, не позволяют полностью покрыть затраты на производство мериносовой шерсти, но вносят свой вклад в формирование общей доходности овцеводства. Отсюда можно заключить, что в этом сегменте овцеводства важно, не утрачивая уровень и качество шерстной продуктивности, повысить мясную. **Целью** научного эксперимента стало сравнение продуктивных качеств помесей, полученных от скрещивания пород советский меринос, джалгинская и ставропольская. **Объект.** Объектом исследований служили помесные баранчики 6-месячного возраста. **Материал и методы.** Для изучения вопроса по принципу групп-аналогов было сформировано три группы овцематок по 70 голов в возрасте от 3,5 до 4,5 лет. Во всех трех группах в качестве материнской основы выступили овцематки породы советский меринос. Для осеменения овцематок были подобраны бараны советский меринос- СМ- (контрольная группа), а также пород джалгинский меринос (ДЖ) и ставропольская (СТ). Из полученного в результате ягнения молодняка были сформированы подопытные группы баранчиков с генотипами: СМ; 1/2СТ+1/2СМ, 1/2ДЖ+1/2СМ. В конце запланированного срока выращивания был проведен контрольный убой баранчиков. Комплексная оценка мясной продуктивности овец проводилась путем оценки живой массы перед убоем и послеубойным определением массы туши, массы внутреннего жира, соотношения в туше мякоти и костей, выхода мяса по сортам. **Результаты и выводы.** Молодняк опытных групп имел превосходство над контролем по прижизненным показателям мясной продуктивности. Различия сохранились и в послеубойных характеристиках. Животные 2 и 3 групп отличались наибольшим выходом отрубов первого сорта. Данный показатель оказался выше, чем в контрольной группе, на 4,5 (полукровные ягнята по джалгинской породе) и 1,9 % (по-

лукровные ягнята по ставропольской породе). Следствием сложившегося превосходства стал меньший выход костей из туши в этих подопытных группах животных. В результате по коэффициенту мясности, показывающему степень соотношения мякоти и костей в туше, нами в подопытных группах зафиксировано превосходство помесного молодняка. Это дает основание утверждать, что качественные характеристики мясной продуктивности были выражены в большей мере у баранчиков 2 подопытной группы. Таким образом, экспериментально доказана эффективность использования баранов-производителей породы джалгинский меринос на овцематках породы советский меринос с целью повышения убойных качеств, морфологического и сортового состава туш у потомства.

Ключевые слова: овцеводство, генотипы овец, помесные овцы, мясная продуктивность овец, предубойная живая масса овец.

Цитирование. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Дегтярь А. С., Смородин Ф. А. Мясная продуктивность овец различных генотипов. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 196-202. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-25.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Необходимый уровень экономической эффективности овцеводства, как отрасли сельскохозяйственного производства в сложившихся условиях экономики бизнеса обеспечивается в решающей степени высокой мясной продуктивностью овец любых направлений продуктивности [1, 6]. Но если овцы комбинированной и мясной продуктивности всегда подвергались селекции с учетом этого баланса видов продуктивности, то мериносовые породы овец совершенствовались по иным селекционным программам, в которых приоритетом была шерстная продуктивность. В настоящее время доля этого компонента, хотя и значительно снизилось в формировании доходности отрасли, но уровень смещения этого баланса должен предполагать не полную утрату достигнутого результата в ходе реализации предыдущих программ селекции, но предполагает возможность быстрого восстановления шерстных качеств при изменении конъюнктуры рынка [7]. С учётом этих факторов модернизация отечественного генофонда мериносовых овец с акцентом на комбинированном характере продуктивности животных (шерстно-мясное и мясошерстное направление продуктивности) обеспечит формирование прибыльности отечественного овцеводства. Поставленным целям соответствует, например, относительно недавно апробированная порода джалгинский меринос. Эта порода была создана на основе ставропольской породы шерстного направления продуктивности, в геном которой были интегрированы различные аллельные комбинации пород отечественной и мировой селекции, обладающих улучшенными мясными качествами. Путем внутрипородной селекции у джалгинских мериносов сформирован необходимый уровень препатентности, который позволяет реализовать их потенциал, в том числе путем эффективной комбинации с отечественными тонкорунными породами с целью повышения мясных свойств при скрещивании. В частности, опыт привлечения их генетической базы для повышения продуктивности у помесей, полученных на основе породы советский меринос, которых содержат в условиях сухостепной природно-климатической зоны, интересен как для овцеводов-практиков, так и ученых сферы прикладной зоотехнической науки. Интерес представляют как признаки, оцениваемые при жизни животных, так и более важные показатели, устанавливаемые по результатам контрольного убоя.

Цель проводимых исследований состояла в оценке мясной продуктивности помесных баранчиков в 6-месячном возрасте. Для её достижения решались задачи прижизненной оценки живой массы перед убоем и оценки послеубойных признаков мясной продуктивности.

Материалы и методы. Исследования были проведены на 210 головах овцематок в возрасте 3,5-4,5 лет породы советский меринос. Они были использованы для получения помесного потомства и чистопородного как контроля. Искусственное осеменение овцематок проводили семенем, полученным от баранов пород советский и джалгинский меринос, а также ставропольской породы. Ежедневное осеменение овцематок после выборки в охоте проводили семенем баранов всех трёх пород, соблюдая принцип равной пропорции. Подопытным животных на всех этапах – от начала подготовки баранов и маток к осеменению и до отъёма ягнят от овцематок – были созданы абсолютно одинаковые условия питания, содержания и обслуживания. Макет эксперимента, в части создания подопытных групп родительских форм и породность полученного приплода, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Схема формирования подопытных групп овец

Table 1 - Scheme of formation of experimental groups

Группа / Group	Порода, породность / Breed, pedigree				F ₁
	Баранов / rams	n	Овцематок / sheeps	n	
1	СМ	3	СМ	70	СМ*
2	ДЖ	3	СМ	70	½СМ+ ½ ДЖ**
3	СТ	3	СМ	70	½СМ+ ½ СТ***

Примечание: * - советский меринос, ** - джалгинская порода, *** - ставропольская порода.

Молочный период выращивания ягнят был завершён в возрасте 4 месяцев. После отъёма ягнята были разделены по полу – ярочки-баранчики – и далее содержались раздельно. Баранчики в течение двух месяцев находились на интенсивном откорме. Их суточный рацион состоял из 1 кг люцернового сена, 650 г овса и 2 кг силоса. В пределах совместного содержания всех баранчиков в условиях эксперимента на откорме три группы баранчиков были помечены разными по цвету бирками: 1 – контрольная, чистопородные животные породы советский меринос (СМ); 2 – двухпородные помеси советский меринос + джалгинская порода (1/2СМ+1/2ДЖ); 3 – двухпородные помеси советский меринос + ставропольская порода (1/2СМ+1/2СТ). По завершении откорма в 6 мес. был проведён контрольный убой. Мясную продуктивность изучали по результатам контрольного убоя 15 голов (по 5-ти голов каждого генотипа) баранчиков в 6-месячном возрасте, по показателям предубойной живой массы, массе парной туши, убойной массе, убойному выходу, определявшимся по методике ВИЖ (1978).

Предубойную живую массу определяли путем взвешивания животных после 24-часовой голодовки с точностью до 0,1 кг. Массу парной туши определили путем взвешивания туши с почками и околопочечным жиром, убойную массу - путем взвешивания туши и внутреннего жира, учитываемых раздельно. Убойный выход вычисляли как процентное отношение убойной массы к предубойной живой массе. Сортовой и морфологический состав в туш определяли по ГОСТ 31777- 2012 «Овцы и козы для убоя. Баранина, ягнятина и козлятина в тушах. Технические условия» в 6-месячном возрасте. Количество внутреннего жира определяли при убое путем его взвешивания. На основе полученных данных обвалки полутуш определяли коэффициент мясности как отношение массы мякоти к массе костей. Цифровые итоги эксперимента были подвергнуты статистической обработке, в основу которой были положены алгоритмы, разработанные Н. А. Плохинским и Е. К. Меркурьевой, с вычислением критериев достоверности разницы между средними показателями групп.

Результаты и обсуждение. После поголовного индивидуального взвешивания баранчиков подопытных групп были отобраны особи для контрольного убоя со средними показателями живой массы для каждой подопытной группы. Перед убоем был проведён предубойный осмотр животного ветеринарным врачом и получено соответствующее разрешение. Взвешивание после голодной выдержки позволило зафиксировать прижизненную живую массу и установить различие по данному параметру между группами. Превосходство молодняка 2 группы над контролем составило 2,89 кг или около 8 % ($P>0,99$) и над 3 группой – 1,65 кг или 4,5 % ($P>0,95$). Превосходство 3 группы над контролем – 1,24 кг – было недостоверным (таблица 2).

Таблица 2 – Убойные качества молодняка / Table 2 – Slaughter qualities of young animals

Показатели/Indicators	Группы/Groups		
	1	2	3
Предубойная живая масса, кг / Preslaughter live weight, kg	35,24 ± 0,23	38,13 ± 0,27	36,48 ± 0,25
Масса, кг: / Weight, kg:			
туши / carcasses	14,00 ± 0,15	16,07 ± 0,17	15,20 ± 0,20
внутреннего жира / of internal fat	0,39 ± 0,10	0,46 ± 0,14	0,45 ± 0,08
Убойная масса, кг / Slaughter weight, kg	14,39 ± 0,12	16,53 ± 0,10	15,65 ± 0,15
Убойный выход, % / Killer exit, %	40,83	43,35	42,90

Среди главных признаков мясной продуктивности, определяемых по результатам контрольного убоя, селекционеры и технологи-переработчики выделяют убойную массу и убойный выход. Как отмечено многочисленными исследованиями, эти индикаторы в значительной мере связаны с генотипом животного [4, 5, 11]. Поэтому оценке этих показателей в наших исследованиях придавалось первостепенное значение. Результаты, полученные при контрольном убое, показали определённые различия между баранами разных генотипов. В экспериментальных группах ягнята с усовершенствованным генотипом превосходили контрольную группу по убойной массе. У ягнят 2 группы масса туши была на 14,7 %, а содержание внутреннего жира – на 17,9% больше, чем в контрольной группе молодняка. Сходный характер превосходства отмечен и в соотношении между этими показателями у баранчиков 1 и 3 группы. В результате во 2 и 3 группах был самый высокий убойный выход – 43,35 % и 42,90 % - т.е. на 2,52 % и 2,07 % выше, чем в контрольной группе.

Мясная продуктивность овец определяется большим количеством факторов, которые можно подразделить на две группы: генотипические и паратипические. Генотипические факторы в наиболее общем виде можно определить как принадлежность к породе или комбинации наследственности, объединяющей наследственные задатки двух и более пород. Комбинации пород и линий при производстве продукции наиболее широко распространены в свиноводстве и птицеводстве. В то же время и в овцеводстве эти методы разведения отечественными исследователями изучаются широко, а их результаты успешно внедряются в практику. Пороодообразовательный процесс в отрасли развивается активно, и поэтому важно знать, как на качественные параметры мясной продуктивности влияют новые комбинации генотипов. Поэтому в ходе нашего эксперимента важно было провести более глубокие исследования туш, получаемых от молодняка. Как считают авторитетные ученые, такими индикаторами качества могут служить, например, морфологический и сортовой состав туши [5, 8-10, 12]. Для оценки качества туш, полученных от баранчиков различных подопытных групп, были проведены сортовая разрубка и обвалка полутуш. В результате эти технологические приемы первичной переработки позволили установить такие показатели, как количество мякоти и костей в туше, а также сортовой состав туши (таблица 3).

Таблица 3 – Сортной и морфологической состав туш баранчиков

Table 3 - Varietal and morphological composition of sheep carcasses

Показатели/Indicators		Группы/Groups		
		1	2	3
Масса туши/ Carcass weight	кг	14,00±0,15	16,07±0,17	15,20±0,20
Выход отрубов / Output of cuts 1 сорта / 1 varieties	кг	12,12±0,14	14,64±0,11	13,45±0,13
	%	86,6	91,1	88,5
Выход отрубов / Output of cuts 2 сорта / 2 varieties	кг	1,88±0,05	1,43±0,07	1,75±0,04
	%	13,4	8,9	11,5
Выход мякоти / Pulp yield	кг	10,35±0,16	12,15±0,11	11,32±0,12
	%	73,90	75,61	74,47
Выход костей / Bone Output	кг	3,65±0,07	3,92±0,06	3,88±0,03
	%	26,10	24,39	25,53
Коэффициент мясности / Meatratio		2,84	3,10	2,92

Исходя из полученных данных можно сделать заключение о том, что молодняк 2 и 3 групп отличался наибольшим выходом отрубов первого сорта: 91,1 и 88,5 % соответственно. Данный показатель оказался выше, чем в контрольной группе, на 4,5 и 1,9 % ($P>0,95$). Следствием сложившегося превосходства молодняка опытных групп над контролем стал меньший выход костей у этих подопытных животных. Соотношение мякотной и костной части туши характеризует коэффициент мясности. В подопытных группах зафиксировано превосходство помесного молодняка. Оно составило 8,4 ($P>0,99$) и 2,8 % ($P>0,95$) по сравнению с контрольной группой. Таким образом, и эта характеристика свидетельствует о том, что качественные параметры баранины были более высокие во 2 группе, что в свою очередь указывает на то, что это разведение помесных животных будет способствовать повышению экономической эффективности отрасли.

Выводы. Скрещивание овцематок советский меринос материнской породы с баранами породы джалгинский меринос отцовской породой позволило установить высокую эффективность данной комбинации. Из полученных данных следует, что более высокие показатели мясной продуктивности установлены во второй группе подопытных баранчиков. Таким образом, экспериментально доказана эффективность использования баранов-производителей породы джалгинский меринос на овцематках породы советский меринос с целью повышения убойных качеств, морфологического и сортового состава туш у полученного помесного потомства.

Библиографический список

1. Абдулмуслимов А. М. Морфологический состав и физико-химические показатели мяса баранчиков дагестанской горной породы и ее помесей // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 3. С. 35-37.
2. Гаглоев А. Ч., Негреева А. Н., Мусаев Ф. А. Использование подбора овец для улучшения питательной ценности баранины // Аграрная наука. 2021. № 11-12. С. 63-67.
3. Горлов И. Ф. Мясная продуктивность выводимого типа овец калмыцкой курдючной породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. №1. С. 22-24.
4. Колосов Ю. А. Экстерьерные особенности помесного молодняка овец // Известия Мичуринского ГАУ. 2022. № 1. С. 145-149.
5. Косилов В. И. Интенсивность роста молодняка цыгайской породы и её помесей с эдильбаевской породой // Известия Оренбургского ГАУ. 2020. № 6. С. 317-322.
6. Костылев М. Н. Влияние генотипа овец романовской породы на возрастную динамику показателей живой массы // Известия Оренбургского ГАУ. 2020. № 6. С. 322-326.
7. Мясная продуктивность потомства тонкорунных маток и баранов-производителей различного происхождения / В. В. Абонеев, Н. Г. Чамурлиев, Ю. А. Колосов, В. В. Марченко, Р. П. Ларионов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 193-199.

8. Некоторые результаты использования полутонкорунных баранов на тонкорунных матках товарного стада / В. В. Абонеев, В. В. Марченко, Ю. А. Колосов, А. Я. Куликова, Е. В. Абонеева // Зоотехния. 2021. № 8. С. 24-28.

9. Раджабов Ф. М. Мясо-сальная продуктивность баранчиков гиссарской породы при скормлинии комбикормов разных рецептов на осенних пастбищах Таджикистана // Известия Оренбургского ГАУ. 2021. № 5 (91). С. 246-250.

10. Траисов Б. Б. Нагульные и мясные качества молодняка овец эдильбаевской породы при разном подборе родителей по живой массе // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 4. С. 30-33.

11. Третьякова О. Л., Кагермазов Ц. Б., Гетоков О. О. Система управления селекционной работой в животноводстве // Аграрная Россия. 2020. № 5. С. 29-32.

12. Филатов А. С. Динамика живой массы и мясная продуктивность баранчиков разных генотипов // Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 2 (10). С. 32-42.

Информация об авторах

Колосов Юрий Анатольевич, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. П.Е. Ладана Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID 0000 0002 6826 8009. E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Чамурлиев Нодари Георгиевич, профессор кафедры частной зоотехнии Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065> E-mail: zootexnia@mail.ru

Дегтярь Анна Сергеевна, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. П.Е. Ладана Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: annet_c@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0749-5558>

Сморodin Федор Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО Донской ГАУ (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), E-mail: smorodin.fyodor@yandex.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0228-0336>.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-26

METHOD FOR DETERMINING CRYOSCOPIC TEMPERATURE FOR VARIOUS FRUITS AND BERRIES

I. A. Korotkiy, E. N. Neverov, E. V. Korotkaya, O. Yu. Lapshakova

Kemerovo State University, Kemerovo

Received 04.03.2022

Submitted 14.04.2022

Summary

A method of differentiated analysis is proposed for determining the cryoscopic temperature for various fruits and berries. As also the crystallization temperatures of eutectic solutions of sucrose and glucose. The developed technique will allow simulating freezing processes under various processing conditions.

Abstract

Introduction. The process of freezing fruits and berries is accompanied by a decrease in temperature and crystallization of the substances contained in them. Determining the cryoscopic temperature (the temperature of the phase transition of a liquid into a solid phase) is an important parameter in calculating the modes of low-temperature processing. The process of rapid freezing is accompanied by temperature changes, therefore, objective and correct information should be developed, which is an important aspect for the progression of efficient and energy-save methods for preserving and processing fruits and berries. **Object.** The objects of research are blackcurrant berries, sea buckthorn fruits, honeysuckle berries, shadberry fruits grown in the Kemerovo region. The study used berries that do not have mechanical damage, mature. **Materials and methods.** The temperatures were determined using

thermocouples, measuring complex TRM-138, which is connected to a computer through an AC-4 adapter. Analysis of the moisture crystallization process during freezing of berries was carried out by the calorimetric method. The thermal analysis method was used to determine cryoscopic temperatures, which is based on the construction thermograms of freezing. **Results and conclusions.** Cryoscopic temperatures are most influenced by the total moisture content (free and bound), organic and mineral substances in berry juices. The low cryoscopic temperature, from the samples presented, was recorded in sea buckthorn of the Maslichnaya variety minus 2.8 °C, apparently, this is due to a lower content of free moisture (34.8%), which indicates a higher concentration of sugars in the solution. The lowest cryoscopic temperature value was noted for shadberry, the reason for this is that the fruits contain the least amount of moisture (only 80%, the proportion of free 37.6%) of the considered fruits and berries, in addition, the sugar content is quite high in these fruits (9.5%). For various currant varieties, cryoscopic temperatures turned out to be close and fell into the temperature range from minus 1 to minus 1.5 °C. As a result of the analysis of numerous experiments, a method of differentiated analysis is presented, which makes it possible to determine cryoscopic temperatures, as also the crystallization temperatures of eutectic solutions of sucrose and glucose. The developed technique will allow simulating freezing processes under various processing conditions.

Key words: *cryoscopic temperature, eutectic points, freezing rate, crystallization process, phase transitions, thermograms of freezing.*

Citation. Korotkiy I. A., Neverov E. N., Korotkaya E. V., Lapshakova O. Yu. Method for determining cryoscopic temperature for various fruits and berries. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2 (66). 202-208 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-26.

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 532.77:615.322

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПЛОДОВ И ЯГОД

И. А. Короткий, доктор технических наук, профессор
Е. Н. Неверов, доктор технических наук, профессор
Е. В. Короткая, доктор технических наук, профессор
О. Ю. Лапшакова, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
г. Кемерово

Дата поступления в редакцию 04.03.2022

Дата принятия к печати 14.04.2022

Актуальность. Процесс замораживания плодов и ягод сопровождается понижением температуры и кристаллизацией веществ, содержащихся в них. Определение криоскопической температуры (температуры фазового перехода жидкости в твердую фазу) является важным параметром при расчетах режимов низкотемпературной обработки. Процесс быстрого замораживания сопровождается изменениями температуры, поэтому должна быть выработана объективная и верная информация, что является важным аспектом для разработки энергосберегающих и эффективных методик консервирования и переработки плодов, ягод. **Объект исследований.** Объекты исследований – ягоды чёрной смородины, плоды облепихи, ягоды жимолости, плоды ирги, которые выращены на территории Кемеровской области. В исследовании использовались ягоды, не имеющие механических повреждений, зрелые. **Материалы и методы.** Температуры определяли с помощью термпар, измерительного комплекса ТРМ-138, который соединен с компьютером через адаптер АС-4. Анализ процесса кристаллизации влаги при замораживании ягод производили калориметрическим методом. Для определения криоскопических температур использовался метод термического анализа, который основан на построении термограмм замораживания. **Ре-**

зультаты и выводы. На криоскопические температуры оказывает наибольшее влияние общее содержание влаги (свободной и связанной), органические и минеральные вещества в соках ягод. Определены криоскопические температуры разных сортов ягод черной смородины, облепихи, ирги. В результате анализа многочисленных экспериментов представлена методика дифференцированного анализа, которая позволяет определить криоскопические температуры, а также температуры кристаллизации точек эвтектики растворов сахарозы и глюкозы. Разработанная методика позволит моделировать процессы замораживания при различных условиях обработки.

Ключевые слова: криоскопические температуры, точки эвтектики, скорость замораживания ягод, процессы кристаллизации, фазовые переходы, термограммы замораживания.

Цитирование. Короткий И. А., Неверов Е. Н., Короткая Е. В., Лапшакова О. Ю. Методика определения криоскопической температуры для различных плодов и ягод. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 202-208. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-26.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В пищевой промышленности все чаще применяется замораживание плодов и ягод с целью последующего их хранения длительное время и сохранения полезных элементов, органолептических свойств. В повседневный рацион питания должны входить различные плоды и ягоды, так как они являются источником ценных органических кислот, микроэлементов, клетчатки, антиоксидантов. Широка область применения замороженных ягод и плодов: приготовление витаминных напитков и коктейлей, муссов, йогуртов, начинок для хлебобулочных и кондитерских изделий, поэтому сохранение плодов и ягод с их первоначальными свойствами является важной задачей. Процесс быстрого замораживания сопровождается изменениями температуры, поэтому должна быть выработана объективная и верная информация, что является важным аспектом для разработки энергосберегающих и эффективных методик консервирования и переработки плодов, ягод [2, 3, 11].

Процесс замораживания плодов и ягод сопровождается понижением температуры и кристаллизацией веществ, содержащихся в них. Определение криоскопической температуры (температуры фазового перехода жидкости в твердую фазу) является важным параметром при расчетах режимов низкотемпературной обработки [1, 5, 8, 13].

Материалы и методы. Объекты исследований – ягоды черной смородины, плоды облепихи, ягоды жимолости, плоды ирги, которые выращены на территории Кемеровской области. В исследовании использовались ягоды, не имеющие механических повреждений, зрелые. Температуры определяли с помощью термпар, измерительного комплекса ТРМ-138, который соединен с компьютером через адаптер АС-4. Данная измерительная система с высокой точностью позволяла измерять температуры. Погрешность данного метода составляла 0,05 °С. Анализ процесса кристаллизации влаги при замораживании ягод производили калориметрическим методом. Для определения криоскопических температур использовался метод термического анализа, который основан на построении термограмм замораживания. Ягоды находились в конической колбе объемом 250 миллилитров, в центр которой помещалась ягода с термпарой. Предварительно ягоды охлаждались до 0 – 1 °С, после колба погружалась в хладагент, температура которого – минус 25 °С. После этого производилось фиксирование изменения температуры в образце в зависимости от времени [9, 14].

Результаты и обсуждение. Анализ зависимости изменения температуры в образце ягоды от времени представлен на рисунке 1. Температурная кривая процесса замораживания ягоды представляет собой классическую зависимость с тремя характерными участками. Рассмотрим первый участок, который характеризует охлаждение, происходящее до получения криоскопической температуры, второй – достаточно продолжительный, с незначительно изменяющейся температурой (ордината на графике соответствует криоскопической температуре), третий – стадия относительно быстрого снижения температуры ягоды, что свидетельствует о завершении процесса замораживания. И дальнейшее уменьшение температуры соответствует охлаждению замороженной ягоды [4].

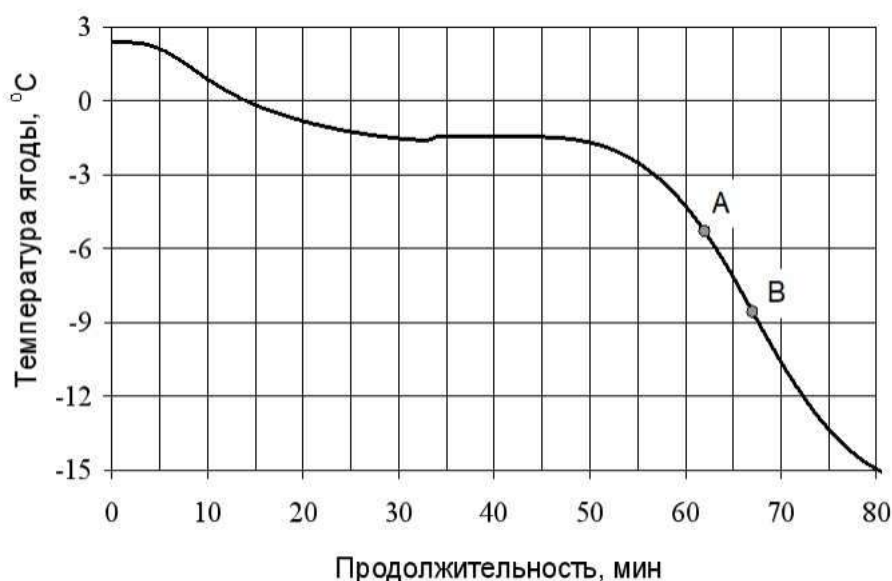


Рисунок 1 – Термограмма замораживания ягод смородины

Figure 1 – Thermogram of freezing currant berries

Для систем, в которых происходят фазовые превращения, сопровождающиеся тепловыделением или теплопоглощением, температура не будет монотонно убывать или возрастать. Для получения более подробной информации процесса замораживания и определения эвтектических температур дважды продифференцируем по времени термограммы. Первая производная, характеризует зависимость скорости изменения температуры (темпа) охлаждения ягоды в процессе замораживания (рисунок 2).

На рисунке 2 вначале наблюдаем, как скорость изменения температуры достаточно быстро увеличивается, что характеризует процесс охлаждения ягод. Далее следует продолжительное снижение скорости изменения температуры и участок с постоянной скоростью, указывая на начало кристаллизации воды в ягодах, что позволяет определить криоскопическую температуру $\approx -1,5$ °C. В процессе кристаллизации происходит более интенсивное тепловыделение, в результате повышается скорость изменения температуры. Окончание процесса показывает снижение скорости и приближение температуры ягод к температуре окружающей среды.

Зависимость скорости изменения температуры (темпа) охлаждения ягод смородины от времени определяет температуру отвердевания эвтектического раствора сахарозы. Данная температура соответствует максимуму (точка В) на рисунке 2. Из сопоставления рисунков 1 и 2 точка В на рисунке 2 соответствует времени 67 минут, по рисунку 1 этот временной интервал – температуре минус 8,5 °C.

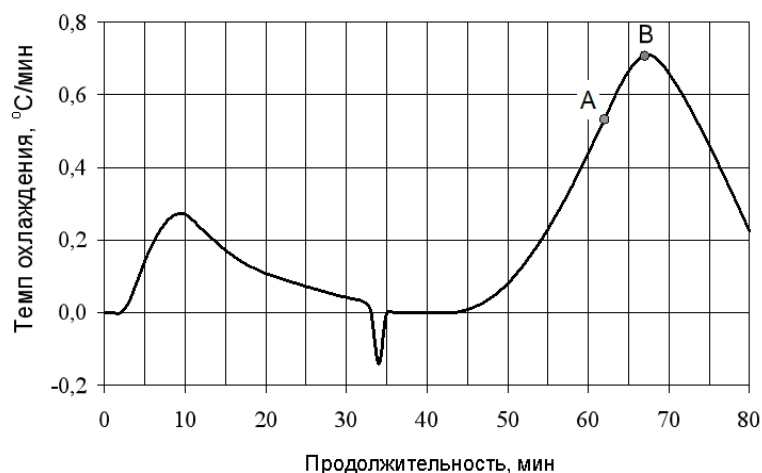


Рисунок 2 – Зависимость скорости изменения температуры (темпа) охлаждения ягод смородины от времени

Figure 2 – Dependence of the rate of temperature change (rate) of cooling of currant berries on time

Проанализировав вторую производную термограммы охлаждения ягод, зависимость которой изображена на рисунке 3, делаем вывод о зависимости производной скорости изменения температуры (темпа) охлаждения ягод от времени.

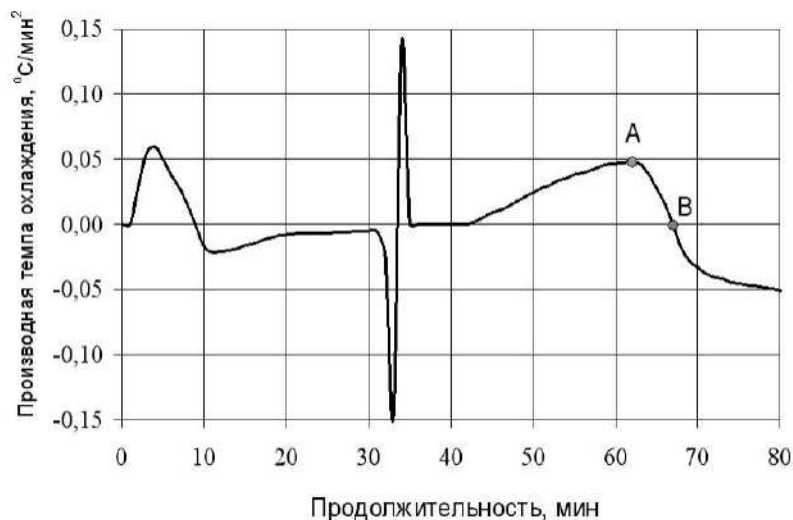


Рисунок 3 – Зависимость производной скорости изменения температуры (темпа) замораживания ягод смородины от времени

Figure 3 – Dependence of the derivative of the rate of temperature change (rate) of freezing of currant berries on time

Температура отвердевания эвтектического раствора глюкозы соответствует точке А (температура, при которой происходит полная кристаллизация данного раствора). Из сопоставления рисунков 1 и 3 данная температура получилась равной минус 5,3 °С, что соответствует 63 минутам.

В таблице 1 представлены криоскопические температуры для исследованных образцов по предложенной методике.

Таблица 1 – Температуры кристаллизации жидкой фазы различных плодов и ягод

Table 1 – Crystallization temperatures of the liquid phase of various fruits and berries

Название сорта / Varieties	Криоскопическая тем- пература, °C / Cryoscop- ic temperature, Celsius	Название сорта / varieties	Криоскопическая тем- пература, °C / Cryoscop- ic temperature, Celsius
Черная смородина «Сеянец голубки»	-1,0	Облепиха «Чуйская»	-1,5
Черная смородина «Память Шукшина»	-1,2	Облепиха «Дар Катуня»	-1,7
Черная смородина «Память Лисавенко»	-1,3	Облепиха «Масличная»	-2,8
Черная смородина «Черный жемчуг»	-1,4	Облепиха «Золотой початок»	-1,4
Черная смородина «Пушистая»	-1,5	Облепиха «Пантелеевская»	-1,7
Черная смородина «Краса Алтая»	-1,6	Жимолость (смесь сортов)	-2,3
		Ирга	-4,0

Выводы. На криоскопические температуры оказывает наибольшее влияние общее содержание влаги (свободной и связанной), органические и минеральные вещества в соках ягод и плодов.

Криоскопическая температура у облепихи вида «Масличная» получилась минус 2,8 °C, эта температура оказалась ниже, чем у представленных образцов смородины, вероятно, причиной этого является меньшее содержание свободной воды – 34,8 %, что характеризует более высокую концентрацию сахаров в растворе [7, 12]. Из рассмотренных плодов и ягод у плодов ирги зафиксировано минимальное значение криоскопической температуры, это видимо, обусловлено тем, что плоды содержат наименьшее количество влаги (доля связанной влаги 42,3 %, доля свободной – 37,7 %). В плодах ирги достаточно высокое содержание сахаров (9,4 %), что свидетельствует о низкой криоскопической температуре. Измеренные значения криоскопических температур для различных сортов смородины получились в температурном интервале от минус 1 до минус 1,6 °C [6, 10]. В результате многочисленных экспериментов представлена методика дифференцированного анализа, которая позволяет определить криоскопические температуры, а также температуры отвердевания эвтектических растворов сахарозы и глюкозы. Разработанная методика позволит моделировать процессы замораживания при различных условиях обработки.

Библиографический список

1. Анализ и перспективы развития ягодного растениеводства в РФ / Н. Ю. Латков [и др.] // IACS. 2020. № 6. С. 47-58.
2. Беляева М. А. Оптимизация технологических регламентов и аппаратного оформления процесса замораживания плодов (на примере клубники) // Пищевая промышленность. 2017. № 3. С. 40-43.
3. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства / М. Ю. Акимов [и др.] // Вопросы питания. 2020. № 4. С. 220-232.
4. Богданов В. Д., Симдянкин А. А., Назаренко А. В. Исследование криоскопических температур и процесса вымораживания воды в тканях промысловых гидробионтов // Вестник КамчатГТУ. 2019. № 50. С. 14-22.
5. Влияние акустического замораживания на показатели структуры сублимированной клубники / Г. В. Семенов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 3. С. 29-40.
6. Грибова Н. А., Султаева Н. Л. Изменение основных компонентов химического состава в ягодах свежемороженой и замороженной с предварительным обезвоживанием растворами сахарозы // Сервис в России и за рубежом. 2013. № 5. С. 9-16.
7. Исследование компонентов, формирующих органолептические характеристики плодов и ягод / И. М. Починская [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2019. № 1. С. 50-61.

8. Исследование процесса замораживания ягод облепихи в акустическом поле / И. А. Короткий [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (208). С. 89-93.

9. Митюрин Г. С., Жидкова А. Е. Определение теплофизических характеристик пищевых продуктов фотоакустическим методом. // Потребительская кооперация. 2015. № 4 (51). С. 68-72.

10. Мищук Р. Ц. Кинетика разложения сахарозы в концентрированном растворе // Сахар. 2017. № 5. С. 24-28.

11. Определение теплофизических характеристик тропических фруктов для их использования при производстве сухих молочных продуктов / И. А. Короткий [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 220-231.

12. Расщепкин А. Н. Динамика изменения теплофизических характеристик плодов и ягод при сублимационной сушке // Вестник КрасГАУ. 2016. № 6. С. 89-94.

13. Analysis of energy consumption during convective drying of fruits and berries / I. Korotkiy [et al.] // E3S Web of Conferences. 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021. Rostov-on-Don, 2021.

14. Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) Fruits and Functional Drinks Differ Significantly in Their Chemical Composition and Antioxidant Activity / P. Denev [et al.] // Journal of Chemistry. 2018. Vol. 2018. Article ID 9574587. 11 p.

Информация об авторах

Короткий Игорь Алексеевич, заведующий кафедрой теплохладотехники Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), профессор, доктор технических наук, ORCID: 0000-0002-7623-0940, тел. 89832165854, e-mail: krot69@mail.ru

Неверов Евгений Николаевич, заведующий кафедрой техносферной безопасности Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), профессор, доктор технических наук, ORCID: 0000-0002-3542-7860, тел. 89235215385, e-mail: neverov42@mail.ru

Короткая Елена Валерьевна, профессор кафедры общей и неорганической химии Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), профессор, доктор технических наук, ORCID: 0000-0002-6210-3756, тел. 89832165853, e-mail: korotkayael@mail.ru

Лапшакова Оксана Юрьевна, доцент кафедры теплохладотехники Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), кандидат технических наук, ORCID: 0000-0002-3450-2813, тел. 89133016129, e-mail: lapshakovaoks@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-27

EXPERIENCE IN MILK PRODUCTION WHEN USING ROBOTIC MILKING CAROUSEL *GEA DAIRYPROQ*

N. I. Mosolova¹, M. A. Chekanova¹, I. F. Gorlov¹, N. A. Tkachenkova¹,
A. A. Slozhenkina^{1,2}, E. S. Vorontsova^{1,3}

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd*

²*Higher School of Economics, Moscow*

³*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 27.01.2022

Submitted 25.05.2022

The authors are grateful to the Russian Science Foundation for financial support of research on scientific project № 22-26-00138, GNU NIIMMP

Summary

In the course of the work we conducted the experience of milk production using *Gea DairyProQ* robotized milking carousel on the basis of Donskoe JV LLC.

Abstract

Introduction. The use of robotic equipment in the conditions of agricultural complexes is an urgent task of dairy production. Robotization allows you to get the highest quality milk, and also increases the amount of milk produced in a shorter period of time, in comparison with manual labor. The purpose of this study is to analyze the experience of *GEA DairyProQ* (Germany) robotized milking carousel operation at the milk production complex at the Limited Liability Company - Agricultural Enterprise «Donskoe» in Volgograd

region, and also to evaluate the qualitative composition and technological properties of raw milk intended for safe dairy products production. **Object.** The object of the research is the milk production complex of the Limited Liability Company - Agricultural Enterprise «Donskoe» in Kalachevsky district of the Volgograd region, as well as lactating cows of Holstein breed, milked with the robotized milking carousel *GEA DairyProQ* (Germany). **Materials and methods.** The experimental part of the research was carried out in the period from 2020 to 2021 in the conditions of the milk production complex of Limited Liability Company - Agricultural Enterprise «Donskoe» in Kalachevsky district of Volgograd region. Zootechnical, biochemical and mathematical methods of analysis were used in the research. Selection and preparation of samples for laboratory tests were performed according to the unified method according to the requirements of GOST 13928-84. We determined the following indices in the raw milk: mass fraction of fat according to GOST 5867-9 requirements; mass fraction of protein according to GOST 25179-2014 requirements. **Results and conclusion.** The conducted research allowed to systematically and comprehensively show the advantages of using robotic milking technology of cows with the use of milking carousel *GEA DairyProQ*. The data on formation of milking herd of dairy complex are reflected in the studies, feeding rations of lactating cows are given, the basic technological processes of robotized milking and the problems of this process are described, quantitative and qualitative characteristics of the raw milk are given, the advantages of the system of milk production in question are shown. The data obtained confirm the expediency of using robotized technology of milking cows on *GEA DairyProQ* carousel in the conditions of industrial dairy complex. In the study of raw milk, the microbiological and hygienic parameters were within the norm, which corresponds to the requirements of normative and technical documentation.

Key words: dairy complex, housing technology, feeding rations, milk production, robotic milking, cow milk, raw materials.

Citation. Mosolova N.I., Chekanova M.A., Gorlov I.F., Tkachenkova N.A., Slozhenkina A.A., Vrontsova E.S. Experience in milk production when using robotic milking carousel *GEA DairyProQ*. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 208-220 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-27.

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 637.116-83

ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ДОИЛЬНОЙ КАРУСЕЛИ *GEA DAIRYPROQ*

Н. И. Мосолова¹, доктор биологических наук

М. А. Чеканова¹, соискатель

И. Ф. Горлов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

Н. А. Ткаченко¹, аспирант

А. А. Сложенкина^{1,2}, студент

Е. С. Воронцова^{1,3}, кандидат биологических наук

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

²Высшая школа экономики, г. Москва

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 27.01.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Авторы выражают благодарность Российскому научному фонду за финансовую поддержку в проведении исследований по научному проекту № 22-26-00138, ГНУ НИИММП

Актуальность. Использование роботизированной техники в условиях сельскохозяйственных комплексов является актуальной задачей молочного производства. Роботизация позволяет получать молоко наиболее высокого качества, а также способствует повышению количества производимого молока за более короткий период времени, в сравнении с ручным трудом. Целью настоящего исследования является анализ опыта эксплуатации роботизированной доильной карусели *GEA*

DairyProQ (Германия) на комплексе по производству молока в ООО «СП «Донское» Волгоградской области, а также оценка качественного состава и технологических свойств молока-сырья, предназначенного для производства безопасных молочных продуктов. **Объект исследования.** Объектом исследования является комплекс по производству молока ООО «СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области, а также лактирующие коровы голштинской породы, при доении которых использовалась роботизированная доильная карусель *GEA DairyProQ*. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть исследований была выполнена в период с 2020 по 2021 гг. в условиях комплекса по производству молока ООО «СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области. В процессе проведения исследования использованы зоотехнические, биохимические и математические методы анализа. Отбор и подготовку проб для лабораторных исследований проводили согласно единой методике в соответствии с требованиями ГОСТ 13928-84. В молоко-сырье определяли следующие показатели: массовую долю жира – по требованиям ГОСТ 5867-9; массовую долю белка – по требованиям ГОСТ 25179-2014. **Результаты и выводы.** Проведенные исследования позволили системно и комплексно показать преимущества использования роботизированной технологии доения коров с использованием доильной карусели *GEA DairyProQ*. В исследованиях отражены сведения о формировании дойного стада молочного комплекса, даны рационы кормления лактирующих коров, описаны основные технологические процессы роботизированного доения и проблемные моменты этого процесса, приведены количественные и качественные характеристики получаемого молока-сырья. Полученные данные подтверждают целесообразность использования роботизированной технологии доения коров на карусели *GEA DairyProQ* в условиях промышленного молочного комплекса. При исследовании молока-сырья микробиологические и гигиенические показатели находились в норме, что соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Ключевые слова: молочные комплексы, технологии содержания коров, рационы кормления коров, производство молока, роботизированное доение, молоко коровье.

Цитирование. 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 НВ АУК*. 2022. 2(66). 208-220. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-27.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Во всем мире наблюдается тенденция разработки новых технологий производства молока, которые комплексно сочетали бы в себе автоматизацию трудоемких процессов, контроль состояния здоровья животных, обеспечение высокой продуктивной и воспроизводительной способности, увеличение продолжительности хозяйственного использования и получение качественной конкурентоспособной продукции [1, 2, 10, 12, 13, 16, 17, 20]. В России дальнейшее наращивание объемов производства молока и вырабатываемых из него молочных продуктов является одной из приоритетных задач, решаемых на государственном уровне. Одним из самых трудоемких и ответственных процессов при производстве молока в условиях индустриальной технологии является доение. Эту актуальную проблему в последние годы стали решать путем создания роботизированных установок и оборудования для молочного скотоводства [3-9, 11, 14, 15, 18, 19]. В России более десяти лет назад началось внедрение современного оборудования для роботизированного доения. Лидером по количеству смонтированных и пущенных в эксплуатацию роботов является компания *DeLaval*, Швеция, на долю оборудования которой приходится до 30 % мирового рынка доильной робототехники. Широкое распространение роботизированных технологий в российском молочном скотоводстве сдерживается их высокой стоимостью, повышенными эксплуатационными затратами, недостатком высококвалифицированных кадров для эксплуатации и сервиса

установок. В последнее время все более пристальное внимание производители молока обращают внимание на современное роботизированное оборудование – доильную карусель *GEA DairyProQ* (Германия). На сегодняшний день такие установки запущены в эксплуатацию в двух хозяйствах нашей страны: ООО «СП «Донское» Волгоградской области и КФХ Зубаревой Красноярского края. На этих предприятиях карусель работает уже больше года. Сейчас в ООО «СП «Донское» доятся 1200 коров, но уже готова площадка и планируется монтаж второй такой же карусели для доения стада в 3000 голов. Всего в мире роботизированная доильная карусель *GEA DairyProQ* в 45 комплексах по производству молока. Поэтому изучение и обобщение опыта эксплуатации такой системы доения представляет как научный, так и практический интерес.

Материалы и методы. Исходя из цели исследования были поставлены задачи по изучению условий содержания коров на роботизированном комплексе, технологии кормления, доения и первичной обработки молока. Экспериментальная часть исследований была выполнена в период с 2020 по 2021 гг. в условиях комплекса по производству молока ООО «СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области. Объектом исследований явились лактирующие коровы голштинской породы отечественной и импортной селекции, при доении которых использовалась роботизированная доильная карусель *GEA DairyProQ* (Германия). В процессе проведения исследования использованы зоотехнические, биохимические и математические методы анализа. Полученный цифровой материал обработан методом вариационной статистики с учетом критерия достоверности по Стьюденту с использованием программного пакета *Microsoft Excel*.

Результаты и обсуждение. Работа с чистопородным голштинским скотом в ООО «СП «Донское» началась в 2006 году, когда из Германии были завезены 155 голов нетелей, а в ноябре – 231 голова нетелей голштинской породы. В последующие годы – в июне 2008 года из Австралии завезли 250 черно-пестрых голштино-фризских телок; в 2011 году из Дании – 254 головы нетелей; в сентябре 2013 года из Америки – 245 голов нетелей. Из Голландии нетелей завозили в течение четырех лет подряд: в июне 2015 года – 175 голов нетелей, в мае 2016 года – 340 голов, в июне 2017 года – 329 голов и в июле 2018 года – 174 головы нетелей. В 2019 году в хозяйство завезли 315 голов нетелей, в 2020 году – 543 головы и 2021 году – 250 нетелей из Дании. В настоящее время маточное поголовье представлено племенными животными элита-рекорд и элита 3-х линий быков: Вис Бэк Айдиал 1013415, Рефлекшн 198998, Монтвик Чифтейн 95679.

Селекция в стаде ведется с учетом внутрилинейного подбора. Начиная с 2006 года имеющееся маточное поголовье осеменяют искусственно семенем быков-производителей, улучшателей голштинской породы (место рождения – Голландия) Харрисона 0984, Алекса 0328 линии Вис Бэк Айдиал 1013415; Лабиринта 4906, Лепестка 74, Аукциона 602 линии Рефлекшн Соверинг 198998, завозимого из ФГУП «Невское» Ленинградской области. Женские предки быков имели средний удой по матери 9953-13055 кг молока с жирностью 4,9 %, мать отца – 11 100-12 891 кг с жирностью 3,6-4,9 %. С 2011 по 2015 год на маточном поголовье используется семя быков-производителей Меркурий 5641, Марко 969, Опекун 564, Шанс 6620, Тредер 66228157 линии Вис Бек Айдиал 1013415 (женские предки матери и матери отца имели средний удой молока 11 494-19 268 кг, с жирностью – 3,58-4,59 %) и быки Гудвин 1741, Наполеон 9840, Парад 3778, Дуглас 959, Ген-И-Бек Алта Бузер 104854295 линии Рефлекшн Соверинг 198998 с показателями по предкам соответственно 11139-17556 кг и 3,80-4,90 %. С 2016 по 2021 годы на маточном поголовье использовалось семя 57 быков-производителей трех линий.

Наряду с традиционным семенем, с 2016 года на маточном поголовье также используется сексированное семя (сперма, разделенная по полу животных) 44 быков-производителей этих же линий: линии Вис Бэк Айдиал 1013415 и Рефлекшн Соверинг

198998, продуктивность матерей которых была выше 12 000 кг с содержанием жира от 3,8-4,4 %, белка – 3,3 %. Семя закупаюсь в фирмах по племенной работе: ОАО «Невское» – 11 быков; «Alta Genetics Russia» – 20 быков; молочной компании «Генетика Юг» – 23 быков.

По данным бонитировки 2021 года, общее поголовье крупного рогатого скота ООО «СП «Донское» составляет 4246 голов, из них 2195 голов – коровы. В структуре стада коровы занимают 51,7 %; нетели – 1211 голов (28,5 %); телки 10-12 месяцев – 355 голов (8,4 %); телки 12-18-месячного возраста – 452 головы (10,6 %); телки старше 18 месяцев – 20 голов (0,5 %). Из пробонитированного поголовья 84,9 % отнесены к классу элита-рекорд, 15,1 % – к классу элита. Из 2195 голов коров числятся: I отела – 981 голова – 44,7 %; II отела – 624 головы – 28,4 %; III отела – 339 голов – 15,4 %; IV-V отела – 225 голов – 10,3 %; VI и старше – 26 голов – 1,2 %. Средняя продолжительность производственного использования коров составляет 2,5 отела.

Особенностью технологии производства молока на комплексе является круглогодовое стойловое содержание коров. В помещениях животные содержатся беспривязно. Доильно-молочный блок показан на рисунке 1. Здания оборудованы боксами, поилками, щетками для чистки кожного покрова и массажа, вентиляторами, системой вентиляции. Комфортный микроклимат во дворах создается с помощью светового конька с вытяжными шахтами в крыше, регулируемые шторами и вентиляторами. Вентиляторы интенсивно работают в жаркое время года и создают оптимальный микроклимат.

В 2020 году запустили в работу корпус № 1, № 2 и № 3 с общим поголовьем дойного стада около 1500 коров. Здесь созданы все необходимые условия для содержания скота, используется технология роботизированного доения – комплекс *GEA DairyProQ* на 60 мест (рисунок 2), также введено в эксплуатацию родильное отделение на 328 скотомест.



Рисунок 1 – Доильно-молочный блок / Figure 1 – Milking and milking unit

На молочном комплексе с 2020 года применяются программы: *Dairy Plan* (взаимодействует с доильными установками), *Dairy Comp-365* и Селекс по организации и планированию рабочих процессов всех подразделений отрасли животноводства.

Управление доением и поголовьем осуществляется с помощью компьютерной системы *Dairy Plan*, через которую можно получить четкую картину продуктивности

по поголовью и важных производственных процессов: отчеты по операциям или контролю, графики, анализ процесса доения, поведения поголовья при доении, отчеты по производственно-экономическому планированию, сортировка животных.



Рисунок 2 – Роботизированная доильная установка

Figure 2 – Robotic milking machine

Кормление животных осуществляется двумя самоходными агрегатами для смешивания и раздачи кормов объемом 30 кубометров марки *Siloking*.

При круглогодичном стойловом содержании коров большое значение имеют рационы кормления. Коровы дойного стада ООО «СП «Донское» на протяжении всего года получают корма в соответствии с потребностью. Для составления рационов кормления коровы дойного стада в зависимости от физиологического состояния разделены на группы дойных и сухостойных. Дойные коровы в зависимости от уровня молочной продуктивности разделены по фазам лактации: первая фаза и вторая фаза. Рационы составляют с помощью программ «*Hybrimin®Futter5*», «*FutterKRS*» (Германия) в соответствии с потребностью животных и фактическими сведениями о химическом составе и питательности кормов. Рационы кормления составляли для всех групп коров в зависимости от продуктивности и физиологического состояния в зимний период и в летний. Рацион дойных коров рассчитан на обеспечение потребности дойных коров живой массой 650 кг с продуктивностью: удой – 35-40 кг; массовая доля жира – 3,6-3,8 % и массовая доля белка – 3,1-3,2 %.

После отела, на протяжении всего периода содержания коровы в родильном отделении, животные получают высокоэнергетические корма, им увеличивают дачу концентратов. В этот период количество потребляемого сухого вещества влияет на количество производимого молока, поэтому формирование «вкусного» рациона, который стимулирует потребление кормов в ранней стадии лактации, является важным фактором для поддержания высокой продуктивности и воспроизводительной способности животных стада, так как коровы с хорошим аппетитом производят большее количество молока и создают меньше проблем, связанных с воспроизводительной функцией.

Среднесуточный удой, приходящийся на 1 корову, ООО «СП «Донское» по месяцам за 2021 год представлен на рисунке 3.

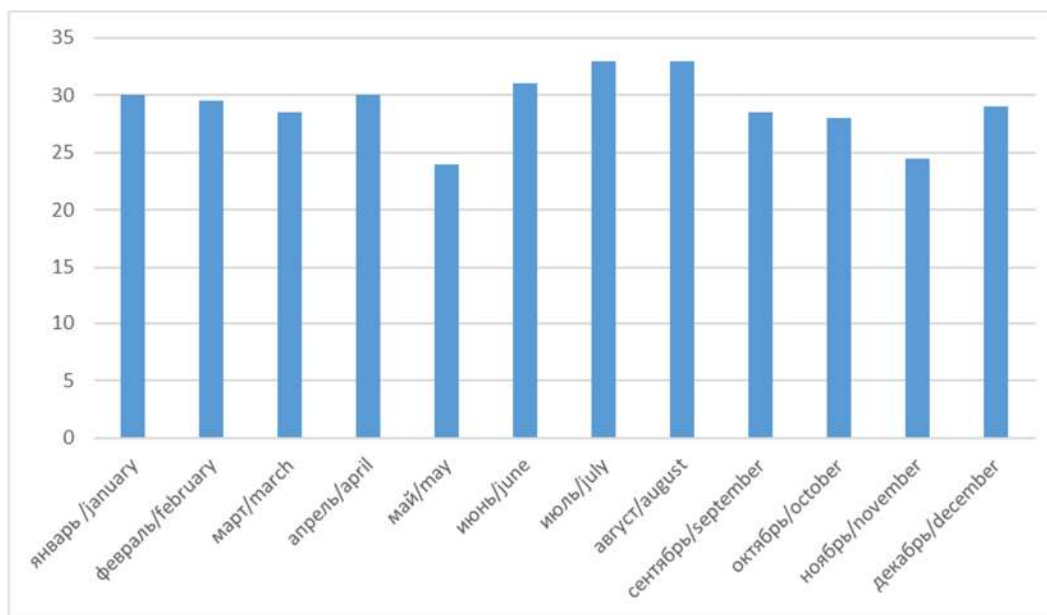


Рисунок 3 – Среднесуточный удой по месяцам ООО «СП «Донское»

Figure 3 – Average daily milk yield by months in Donskoe JV LLC

Согласно полученным данным наиболее высокие удои приходятся на весенне-летний период. Это объясняется достатком зеленого корма и его разнообразием. Наибольший спад удоя приходится на период осени и зимы. Это обусловлено периодом начала отела у коров в осенне-зимний период.



Рисунок 4 – Кормление коров / Figure 4 - Feeding cows

В состав рациона кормления первой фазы лактации входят следующие корма: силос кукурузный – 17 кг; сенаж злаково-бобовый – 9 кг; сено люцерновое – 0,5 кг; кукуруза белая (зерно) – 2 кг; пшеница экструдированная – 1 кг; пшеница твердая – 2 кг; соя полножирная экструдированная 34 % – 0,5 кг; жмых подсолнечный 38 % – 2 кг; шрот соевый 40 % – 1,5 кг; солома пшеничная – 0,25 кг; меласса из свеклы – 1 кг; дробина пивная свежая – 6 кг; премикс МЕГАМИКС – 0,1 кг; мел – 0,06 кг; поваренная соль – 0,06 кг. Кормление коров на комплексе ООО «СП «Донское» показано на рисунке 4.

В рационе содержится: кормовых единиц – 24,40; обменной энергии – 269,45 МДж; сухого вещества – 24,71 кг; сырого протеина – 3893,95 г; переваримого протеина – 2531,06 г; сырого жира – 964,83 г; сырой клетчатки – 4487,73 г; крахмала – 3673,89 г; сахара – 2448,16 г.

С 22 дня лактации в рационе коров увеличивают сочные и молокогонные корма, концентрированные корма с учетом пивной дробины составляют 30,8 %.

Рацион кормления коров в период раздоя включает силос кукурузный – 22,5 кг; сенаж злаково-бобовый – 17 кг; сено люцерновое – 0,6 кг; кукуруза белая (зерно) – 2 кг; пшеница экструдированная – 1 кг; пшеница твердая – 2 кг; соя полножирная экструдированная 34 % – 1 кг; жмых подсолнечный 38 % – 2 кг; шрот соевый 40 % – 2 кг; солома пшеничная – 0,2 кг; меласса из свеклы – 1 кг; дробина пивная свежая – 11 кг; премикс МЕГАМИКС – 0,1 кг; мел – 0,06 кг; поваренная соль – 0,06 кг. В рационе содержится 27,93 к.ед.; обменной энергии – 302,47 МДж.

Рационы кормления коров сбалансированы по сухому веществу, чистой энергии лактации, использованию сырого протеина, балансу азота в рубце, сырой клетчатке, кальцию, фосфору, магнию, натрию, калию и хлору.

Кормление коров с высоким уровнем удоя имеет ряд особенностей, которые вызваны изменением физиолого-гормонального статуса организма. В этот период лактирующие коровы обычно проявляют наивысшую продуктивность.

После отела, примерно в течение 105-110 дней, корова способна производить максимальное количество молока, поэтому удовлетворение потребности коровы в питательных веществах тесно связано с достижением максимальных удоев и с хорошей плодовитостью.

Во второй половине лактации наступает спад удоев, повышение аппетита у животных и поедаемость кормов достигает примерно 3,5 кг сухого вещества – на 100 кг живой массы. Потребление корма в это время достигает максимума.

Рационы кормления сбалансированы по всем основным элементам питания: энергии, переваримому протеину, сахарам, клетчатке, жиру, макро- и микроэлементам, и витаминам. Оптимальное количество концентрированных кормов в рационах дойных коров в этот период составляет 350-500 г на 1 кг молока, во второй период лактации корова должна восполнять запасы питательных веществ, использованных ранее на синтез молока.

За последние годы была произведена масштабная реконструкция всех животноводческих помещений.

На предприятии сформирована поэтапная программа действий, направленная на создание современного молочного комплекса мощностью не менее 260 000 центнеров молока в год. На комплексе имеются два доильных молочных блока. На одном из них рядом с родильным отделением эксплуатируется доильный зал типа «Елочка» производства компании *GEA*, на котором доятся коровы в первые дни после отела. А основное стадо – 1500 голов – доится на роботизированной карусели *DairyProQ* на 60 мест. Такая установка – вторая по величине в России после КФХ Зубаревой (Красноярский край).

Роботизированная доильная карусель компании *GEA* представляет собой платформу типа «карусель», на которой установлены модули *DairyProQ*. Оборудование может доить в автоматическом режиме до 3000 голов КРС. Задача оператора – наблюдать за процессом дойки в качестве контролера. Модульное решение делает удобным сервисное обслуживание: можно легко и быстро заменить модуль, требующий ремонта, и для этого не требуется останавливать карусель и прекращать доение. Наблюдения по-

казали, что коровы хорошо привыкают к доению на карусели и идут туда с удовольствием, хотя и с автоподгонщиком. А после доения сами идут в коровник, зная, что там их ждет свежий корм.

На комплексе предусмотрено доение коров 3 раза в сутки, между доильными процессами имеется технологический перерыв на мойку и дезинфекцию, которая осуществляется автоматически.

Исследованиями выявлено, что первоначально не все коровы идеально подходят для роботизированного доения, так как основное внимание было обращено на молочную продуктивность, а не на способность к автоматическому подключению, поэтому в настоящее время на предприятии ведется селекционная работа, в том числе и в этом направлении, и процент неудачных подключений существенно снизился. Выявляются коровы, которые по индивидуальным клинико-физиологическим показателям не подходят для роботизированного доения. Однако процент таких коров не превышает 3,2-3,5 %.

На молочном комплексе операторы полностью обслуживают доильную установку в плане сервиса, ремонта и замены комплектующих, участвуют в работе по улучшению ее эффективности.

На дойку коровы подгоняются очень медленно, на их пути отсутствуют какие-либо препятствия, проходы хорошо освещены, то есть коровы не должны получать отрицательных эмоций от доения.

Эффективность доения на любой карусели заключается в ее наименьших простоях, и от соотношения скорости карусели и захода коровы в модуль зависит успех такого доения, поэтому скорость подгонщика настраивается в зависимости от этих факторов: он может управляться как автоматически, так и вручную. Например, оператор может изменить скорость подгона для какой-то группы коров, подобрав оптимально комфортное время с использованием данных программы управления стадом. Процесс движения карусели должен быть плавным и без остановок, так как это может вызывать стресс у животных и, как следствие, снижение качества и количества молока. Задача оператора заключается в том, чтобы обеспечить работу карусели без простоев, вовремя и комфортно подгонять коров, наблюдать за процессом дойки в качестве контролера и оперативно исправлять ситуацию, если что-то пошло не так.

Коровы на дойку загоняются подгонщиком, который работает полностью в автоматическом режиме, нужно лишь настроить интервалы и силу сопротивления для безопасности животных. Оператор контролирует процесс доения посредством радиосвязи и наблюдения по видеокамерам и монитору оперативного реагирования системы. В случае любых нештатных ситуаций он оперативно организует подсобный персонал для решения проблем. Например, оператор координирует процесс подключения коров к доильной установке, если на карусель заходит плохо подключаемая группа. Как правило, она состоит из первотелок раздоя до 60 дней, которым требуется прежде всего психологически привыкнуть к новому оборудованию, так как животные проходят предварительное приучение к доению в родильном отделении, а на роботизированной карусели доятся уже в общей массе. Такие животные запускаются на карусель заключительной группой в конце доильной сессии, чтобы не увеличивать время на доение всего стада, и оператор координирует, какую корову подключить первой, какую – второй и т. д. Встречаются такие коровы, которых нужно успокоить и аккуратно подключить, или коровы, у которых ещё не сформировалось вымя, в этом случае автоматика может работать с погрешностями, и оператор дает команду на ручное подключение.

Введение в строй роботизированной карусели многократно снизило количество обслуживающего персонала. При отборе коров на пригодность к машинному доению особое внимание уделяется выраженности боковой борозды, которая образуется вследствие недостаточного развития железистой и опорной ткани вымени. Наличие борозды нежелательно, так как уменьшает объем вымени, образуя дольчатость, такое вымя дольше выдаивается, при этом увеличиваются затраты на производство молока. О форме вымени и степени его развития среди первотелок и полновозрастных коров стада ООО «СП «Донское» можно судить по данным последней бонитировки, отраженным в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение коров по форме вымени и сосков

Table 1 – Distribution of cows by udder and teat shape

Показатель	Количество голов	%
Форма вымени:		
ваннообразная	525	20
чашеобразная	2098	80
Форма сосков:		
цилиндрическая	1888	72
коническая	735	28
Итого	2623	100

Как показывают данные таблицы 1, 80 % животных имеет наиболее удобную чашеобразную форму вымени, 20 % – ваннообразную. В группе первотелок эти показатели распределились соответственно – 87 % и 13 %. Все исследуемые животные имеют плотное или достаточно плотное прикрепление вымени к телу. Дно вымени горизонтальное с хорошо выраженными молочными венами, что указывает на высокую продуктивность молочной железы, связанную с интенсивной циркуляцией крови. До доения структура вымени мягкая, податливая, хорошо спадает после доения. Передние четверти вымени крепкие и плавно соединены с телом.

Проблемы с автоматическим надеванием стаканов на первотелок есть при любом роботизированном доении, потому что робот требует более-менее одинаковое вымя, и, к сожалению, встречаются коровы, которых в принципе невозможно доить на любых из существующих роботов. Таких животных нужно переводить на доение с ручным надеванием стаканов или выбраковывать. На рассматриваемой карусели можно доить всех коров, которые пригодны для доения на роботах. Программа запоминает вымя каждой коровы по идентификационному номеру и, используя камеры, надевает стаканы очень быстро.

Обработка вымени в стакане происходит по запатентованной технологии In-LinerEverything (все операции внутри доильного стакана). Сначала осуществляется предварительное сдаивание и механическая очистка сосков, при этом грязная вода сливается в канализацию по специальной линии для нетоварной жидкости. В это же время вымя автоматически стимулируется, соски сушатся, проводится доение и обработка сосков. Все операции проходят без снятия стаканов. Продуктивность животных представлена в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Характеристика коров по молочной продуктивности и живой массе за 305 дней законченной лактации в 2021 году

Table 2 – Characteristics of cows in terms of milk production and live weight for 305 days of finished lactation in 2021

Наименование	Всего голов	Удой, кг	Молочный жир		Молочный белок		Живая масса, кг
			%	кг	%	кг	
Все поголовье	2623	10700	4,26	455,82	3,28	350,96	573
1 лактация	1137	10420	4,22	439,72	3,28	341,77	572
2 лактация	861	11742	4,41	517,82	3,29	386,31	593
3 лактация и старше	625	9938	4,15	412,42	3,27	324,97	555

Все поголовье коров по всем периодам лактации имеет удой выше стандарта по породе, жирность молока также превышает требования по породе. Животных с содержанием белка в молоке ниже стандарта нет. Прослеживается закономерность – с возрастанием лактации увеличивается удой, выход молочного жира и белка, повышается живая масса животных. Это обусловлено их физиологическим состоянием. С каждым годом в хозяйстве за счет тщательного отбора ремонтного поголовья количество животных с высокой молочной продуктивностью стабильно возрастает

Таблица 3 – Характеристика коров по удою / Table 3 – Characteristics of cows by milk yield

Коровы с удоём, кг	Годы, голов		
	2019	2020	2021
6001-6500	10	8	8
6501-7000	60	43	45
7001-7500	129	120	70
7501-8000	199	219	99
8001-8500	177	310	111
8501-9000	184	198	112
9001-9500	151	163	117
9501-10 000	113	120	308
10 001 и выше	125	122	1753
Всего коров, голов	1148	1303	2623

В 2021 году доля коров с удоями свыше 10 000 составила 68,2 % ко всему поголовью доенных коров. По сравнению с 2020 годом поголовье коров, имеющих удой молока свыше 10 000 кг, увеличилось в 14,6 раз. Это стало возможным благодаря комплексу мер, таких как детальная разработка сбалансированных рационов оптимальных по структуре и соотношению питательных веществ для всех половозрастных групп; переход с двухразового на трехразовое доение, где в полной мере раскрылись продуктивные возможности животного; приобретение современной кормоуборочной техники и оборудования для смешивания и раздачи кормов.

Самый главный аргумент в пользу доения на роботизированной карусели – качество получаемого молока. Робот моет вымя, сдаивает первые струйки молока и сам проводит его анализ, и если молоко не соответствует заданным параметрам, то принимает решение слить некондиционное сырье в канализацию. При этом исключается фактор загрязненности. Так как все автоматизировано, в любом случае дезинфекция вымени перед доением и сдаивание первых струек молока осуществляется четко. Если молоко не соответствует по каким-либо показателям, оно не попадет в общую систему. От каждой партии отгружаемого молока определяются показатели жира, кислотности, плотности, механической загрязненности, количества соли, концентрация белка, лактозы и количество соматических клеток. Благодаря этому производится молоко только высшего сорта с низким содержанием соматических клеток (не более 170), предприятие является производителем самого качественного молока в Волгоградской области. Такое молоко используется для производства детского питания.

Выводы. Проведенные исследования показали эффективность использования роботизированного доения коров в условиях промышленного комплекса по производству молока в ООО «СП «Донское» Волгоградской области. Такая система доения вызывает повышенный интерес, так как в настоящее время в России функционируют всего два таких самых современных технологических комплексов – роботизированной доильной карусели *GEA DairyProQ* (Германия). В представленной работе освещена история создания поголовья молочного комплекса, даны рационы кормления лактирующих коров, описаны основные технологические процессы роботизированного доения и проблемные моменты этого процесса, приведены количественные и качественные характеристики получаемого моло-

ка-сырья, показаны преимущества рассматриваемой системы производства молока. Применяемое в ООО «СП «Донское» оборудование соответствует мировым тенденциям цифровизации и автоматизации молочного животноводства.

Библиографический список

1. Акишева Л. Ю., Дубков П. А. Развитие и распространение роботизированного доения // Научные приоритеты современного животноводства в исследованиях молодых учёных: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. 2020. С. 13-19.
2. Загидуллин Л. Р., Хисамов Р. Р., Шайдуллин Р. Р. Цифровизация молочного скотоводства на примере системы роботизированного доения // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 4 (44). С. 17-22.
3. Комлацкий Г. В., Мельниченко А. А., Лазарев Д. О. Перспективы использования роботизированного доения в малых формах хозяйствования // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 117-120.
4. Марьясов А. Н., Казанцева Е. С. Влияние технологии доения на качественный состав молока // Молодежь и наука. 2019. № 1. С. 22.
5. Мещеров Р. К., Голенцова Г. И. Молочная продуктивность первотелок голштинской породы при использовании различных технологий доения // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: материалы III научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 176-180.
6. Мещеряков В. П., Ермошина Е. В., Скорняков А. В. Временные параметры выведения молока из четвертей вымени у высоко- и низкопродуктивных коров-первотелок на роботизированной установке // Доклады ТСХА. 2019. С. 202-206.
7. Можаяев Е. Е., Костомахин Н. М. Экономическая эффективность роботизированного доения коров // Главный зоотехник. 2020. № 11 (208). С. 52-59.
8. Оценка индивидуальных особенностей молокоотдачи у коров-первотёлок при роботизированном доении / В. П. Мещеряков [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 1. С. 40-49.
9. Параметры доения коров-первотелок на роботизированной установке в зависимости от средней интенсивности молоковыведения / В. П. Мещеряков [и др.] // Главный зоотехник. 2019. № 7. С. 38-45.
10. Перов И. Е. Роботизированные системы доения как смена управленческой парадигмы // Наука, технологии, кадры – основы достижений прорывных результатов в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Казань, 2021. С. 120-142.
11. Пимкина Т. Н. Переход к роботизированному производству молока // Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона: сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 269-271.
12. Роботизированная технология получения молока от отдельных коров и ее технико-экономическая оценка / Ю. Г. Иванов и др. // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 2 (42). С. 46-52.
13. Садиков Р. З., Айсанов З. М., Вологирова Ф. А. Технология роботизированного доения коров в Кабардино-балкарской республике // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58-2. С. 66-71.
14. Сравнительная технико-экономическая оценка автоматизированных и роботизированных доильных установок / В. В. Кирсанов [и др.] // Агроинженерия. 2020. № 3 (97). С. 39-43.
15. Степанова Ю. А. Свойства вымени и продуктивное долголетие коров разных пород при интенсивной технологии доения // Аграрный вестник Урала. 2020. № 1 (192). С. 78-85.
16. Туников Г. М., Кулибеков К. К. Совершенствование технологии доения коров-первотелок голштинской породы в условиях роботизированной фермы в Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2014. № 2 (22). С. 15-19.

17. Туников Г. М., Кулибеков К. К. Молочная продуктивность и морфологические свойства вымени коров-первотелок в условиях роботизированной фермы // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2014. № 4 (27). С. 14-18.

18. Федосеева Н. А., Санова З. С., Бурмистрова М. Роботизированное доение коров – залог успешного развития молочного скотоводства. М., 2019.

19. Филиппова Е. Е. Автоматизированное и роботизированное доение: сравнительный анализ // Молочная промышленность. 2020. № 7. С. 61-63.

20. Шарипов Д. Р., Якимов О. А., Галимуллин И. Ш. Способ отбора коров технологического типа для роботизированного доения // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 246. № 2. С. 272-275.

21. Migulev P. I., Schukin S. I., Abylkasymov D. A. Analysis and operation experience of robotic milking system // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. V. 8. № 1. P. 2073-2076.

22. Relationship of cow behavioral performance with milk productivity in the conditions of robotic milking. BIO WEB OF CONFERENCES / L. R. Zagidullin [et al.] // International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020). 2020. 00039.

Информация об авторах

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, д. 6). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6559-6595>. E-mail: niimmp@mail.ru

Чеканова Марина Александровна, соискатель, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, улица имени Маршала Рокоссовского, д. 6). E-mail: niimmp@mail.ru

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН (400131, Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, д. 6). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>. E-mail: niimmp@mail.ru

Ткаченко Наталья Андреевна, аспирант, научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, д. 6). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2324-4222>. E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Александра Алексеевна, студент Высшей школы экономики (109028, Москва, Покровский бул., 11).

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр-т Университетский, д. 26). E-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-28

GENEALOGY AND MEAT PRODUCTIVITY OF GOBS OF THE KALMYK BREED OF NEW RELATED GROUPS

V. N. Pristupa¹, N. A. Svyatogorov¹, A. Y. Gritsay¹, A. E. Svyatogorova², O. V. Svitenko³

¹Don State Agrarian University, Rostov region, Oktyabrsky district, v. Persianovsky

²North-Caucasus Zonal Veterinary Research Institute – branch of FSBSC FRASC, Novocherkassk

³Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar

Received 02.02.2022

Submitted 13.05.2022

Summary

The article presents the results of a comparative determination of the formation of meat productivity in Kalmyk bulls. The most promising successors of related groups were identified for their use in the reproduction of animals of the Kalmyk breed in the breeding farms of the steppe regions of the Rostov region. The intensification of rearing of young animals and an increase in the number of animals that are applicants for new factory lines will not only contribute to an increase in beef production, but also increase the cost recovery and profitability of the beef cattle breeding industry on farms.

Abstract

Introduction. In most regions of Russia, including the Rostov region, the Kalmyk and Aberdeen-Angus breeds (85.7%) are the most common and adapted to steppe arid conditions in terms of the number of beef cattle. Therefore, for the production of beef, young animals of these breeds are mainly used, more adapted and maximally realizing the bioresource potential under optimal feeding and maintenance conditions. **Object.** The object of the study are bulls and their descendants of the Kalmyk breed of cattle. **Materials and methods.** At the Limited Liability Company – Breeding plant «Solnechnoe» of the Orlovsky district and at the Closed Joint Stock Company – Breeding reproducer «Antonovskoye» of the Tsimlyansky district of the Rostov region, in the course of many years of purposeful breeding work, a highly productive livestock of Kalmyk cattle has been formed and new factory lines are being created. **Results and conclusions.** The authors, based on the electronic database they developed and the analysis of the genealogical structure of Kalmyk cattle in these breeding enterprises, identified the ancestors of future factory lines and compiled genealogical schemes of their related groups. In the comparative cultivation of bulls of these related groups, it was revealed that in the conditions of stable-pasture technology, the live weight of the successors of four related groups at the age of 18 months was at the level of 468-497 kg, which is 9-11% higher than that of the descendants of the most common genealogical line. The first place was taken by the descendants of the bull Longline 1239, the second – the bull Grillage 916, which over an 18-month period had an absolute increase at the level of 460-469 kg with the cost of exchange energy 76-81 MJ, and the peers of the genealogical line respectively – 422 and 84, with a profitability of 3.7%. The profitability of growing bulls of related groups was 4.26-7.69%. An increase in the livestock of the enlarged type through bulls-improvers of new related groups will contribute to an increase in the livestock of the newly created breed type, reduce the cost and increase the profitability of beef production in beef cattle breeding.

Key words: kalmyk breed, factory lines, related groups, live weight, profitability of cultivation.

Citation. Pristupa V. N., Svyatogorov N. A., Gritsay A. Y., Svyatogorova A. E., Svitenko O. V. Formation of meat productivity in kalmyk bulls of new related groups. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 220-230 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-28.

Author's contribution. In this experiment, all the authors participated in the planning, execution, and analysis of the research results. The presented version of the article is approved by all the authors.

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

УДК 636.32/38.55

ГЕНЕАЛОГИЯ И МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ НОВЫХ РОДСТВЕННЫХ ГРУПП

В. Н. Приступа¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. А. Святогоров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. Ю. Грицай¹, аспирант

А. Е. Святогорова², младший научный сотрудник

О. В. Свитенко³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Донской государственный аграрный университет,

Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский

²Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт –
филиал ФГБНУ ФРАНЦ, г. Новочеркасск, Россия

³Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 02.02.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

Актуальность. В большинстве регионов России, в том числе и в Ростовской области, по численности мясного скота наиболее распространенными и приспособленными к степным засушливым условиям являются калмыцкая и абердин-ангусская (85,7 %) породы. Поэтому для произ-

водства говядины в основном используется молодняк этих пород, более адаптированных и максимально реализующий биоресурсный потенциал при оптимальных условиях кормления и содержания. **Объект.** Объектом исследования выступают быки и их потомки калмыцкой породы крупного рогатого скота. **Материалы и методы.** В обществе ограниченной ответственности племзаводе «Солнечное» Орловского и в племярепродукторе ЗАО «Антоновское» Цимлянского районов Ростовской области в процессе многолетней целенаправленной племенной работы сформировано высокопродуктивное поголовье скота калмыцкой породы и создаются новые заводские линии. **Результаты и выводы.** Авторы на основании разработанной ими электронной базы данных и проведенного анализа генеалогической структуры скота калмыцкой породы в этих племенных предприятиях определили родоначальников будущих заводских линий и составили генеалогические схемы их родственных групп. В сравнительном выращивании бычков этих родственных групп и выявлено, что в условиях стойлово-пастбищной технологии живая масса продолжателей четырех родственных групп в 18-месячном возрасте была на уровне 468–497 кг, что на 9–11 % выше, чем у потомков наиболее распространенной генеалогической линии. Первое место заняли потомки быка Ярусный 1239, второе – быка Грильяж 916, которые за 18-месячный период имели абсолютный прирост на уровне 460–469 кг с затратами обменной энергии 76–81 МДж, а у сверстников генеалогической линии соответственно – 422 и 84, с рентабельностью 3,7 %. Рентабельность выращивания бычков родственных групп составила 4,26–7,69 %. Увеличение поголовья укрупненного типа через бычков-улучшателей новых родственных групп будет способствовать увеличению поголовья вновь создаваемого типа породы, снижать себестоимость и повышать рентабельность производства говядины в мясном скотоводстве.

Ключевые слова: калмыцкая порода КРС, заводские линии бычков, родственные группы бычков, живая масса бычков, рентабельность выращивания бычков.

Цитирование. Приступа В. Н., Святогоров Н. А., Грицай А. Ю., Святогорова А. Е., Свитенко О. В. Генеалогия и мясная продуктивность бычков калмыцкой породы новых родственных групп. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 220–230. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-28.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Введение. Интенсификация развития скотоводства оказывает решающее влияние на уровень импортозамещения и продовольственного обеспечения страны. Поэтому в принятых Государственных программах развития АПК на перспективу имеет приоритетное значение интенсификация развития различных отраслей животноводства, в том числе и мясного скотоводства, которое является одной из наиболее востребованных, но не быстро растущих производств российского сельскохозяйственного комплекса. По объемам производства говядины Российская скотоводческая отрасль пока на 5 % отстает от целевых показателей, намеченных Доктриной продовольственной независимости и другими программными документами [1, 4, 11, 12].

При этом в России и в том числе в Ростовской области более 84 % говядины производится за счет убоя на мясо свехремонтного молодняка и выбракованного взрослого поголовья скота молочных и комбинированных пород. За 2020 год доля специализированного чистопородного и помесного мясного скота по производству говядины составила 16,0 % (447,7 тыс. тонн). Их убойный контингент и уровень продуктивности пока не обеспечивают необходимые объемы производства [2, 8, 10].

В большинстве регионов России, в том числе и в Ростовской области, преобладающими по численности из пород мясного скота остаются калмыцкая и абердин-ангусская (85,7 %) как наиболее приспособленные к степным засушливым условиям с

хорошей оплатой корма продукцией. В результате селекции скот этих пород приобрел черты, присущие мясному типу, с хорошими признаками адаптации и большим потенциалом продуктивности. Поэтому для производства говядины в основном используется молодняк этих пород, более адаптированных и максимально реализующих биоресурсный потенциал при оптимальных условиях кормления и содержания [3, 6].

При этом существенная роль отводится интенсификации разведения отечественного скота калмыцкой породы. Она одна из наиболее приспособленных пород к условиям резкой континентальности и засушливости климата ЮФО. Для ее качественного совершенствования необходимо интенсифицировать работу по изучению генеалогической структуры популяции и мясной продуктивности у молодняка различных линий и новых родственных групп в условиях стойлово-пастбищной системы в подсосный и последующий периоды выращивания [5, 7]. Знание закономерностей изменения мясной продуктивности будет способствовать консолидации наследственности по хозяйственно-полезным признакам [9].

Целью работы являлось сравнительное определение мясной продуктивности и выявление наиболее перспективных продолжателей родственных групп для использования их в воспроизводстве животных калмыцкой породы в племенных хозяйствах степных регионов Ростовской области.

Материалы и методы. В течение 2021 года в Обществе ограниченной ответственности племзаводе «Солнечное» Орловского и в племрепродукторе ЗАО «Антоновское» Цимлянского районов Ростовской области продолжалась целенаправленная племенная работа по формированию высокопродуктивного поголовья скота калмыцкой породы и создания новых заводских линий. На основе созданной нами электронной базы данных и восстановления генеалогических связей установлено, что в воспроизводстве скота в этих хозяйствах работают продолжатели четырех родственных групп, на основании которых планируется создание новых заводских линий. При проведении исследований использовались зоотехнические, статистические методы и сравнительный анализ продуктивности бычков родственных групп и наиболее распространенной генеалогической линии. Для этого сформировано по принципу пар аналогов 5 групп 8-месячных бычков по 25 голов в каждой. В первую группу отобраны бычки генеалогической линии Манежа 7113, во вторую – пятую бычки родственных групп быков Буллит 208, Гостинец 1407, Грильяж 916 и Ярусный 12391. В подсосный период все бычки кроме молока матери и пастбищной травы никаких кормов дополнительно не получали, а в процессе опыта находились в одной группе в равных условиях стойлово-пастбищного содержания и одинакового уровня кормления. Учет живой массы проводился путем индивидуального взвешивания в первый день жизни, в 8, 12, 15 и 18-месячном возрасте. Поедаемость кормов проводилась по общепринятой методике ежемесячно в течение двух смежных дней. Полученные результаты использованы для вычислений абсолютного, среднесуточного прироста, затрат корма на кг прироста и себестоимость выращивания.

Результаты и обсуждение. ООО Племязавод «Солнечное» Орловского района Ростовской области является одним из крупнейших племенных хозяйств по разведению крупного рогатого скота калмыцкой породы в России, с постоянно возрастающим высококлассным поголовьем коров (таблица 1).

При этом используется столово-пастбищная система и в благоприятные, малоснежные годы скот использует пастбище и зимой. Целенаправленный отбор, подбор и выявления перспективных продолжателей в стадах проводится на основании генеалогических связей и схем различных линий и родственных групп, используя созданную нами электронную базу данных.

Таблица 1 – Поголовье скота калмыцкой породы в ООО «Солнечное»

Table 1 – The number of cattle of the Kalmyk breed in Limited Liability Company "Solnechnoye"

Показатель / Index	Год / Year			
	2017	2019	2020	2021
Всего, голов / Total, heads	3740	3325	3948	4069
в т.ч.: коровы, голов / including: cows, heads	1454	1717	2509	3148
коровы, % / cows %	38,9	51,6	63,6	77,3
Живая масса телок в 7 мес., кг / Live weight of heifers in 7 months, kg	190	190	180	189
Живая масса телок в 18 мес., кг / Live weight of heifers in 18 months, kg	350	354	351	367
Живая масса бычков в 7 мес., кг / Live weight of bulls in 7 months, kg	205	205	198	218
Живая масса бычков в 18 мес., кг / Live weight of bulls in 18 months, kg	440	435	443	449
Живая масса коров в 3 года, кг / Live weight of cows in 3 years, kg	429	433	428	435
Живая масса коров в 5 лет и старше, кг / Live weight of cows in 5 years, kg	516	495	501	506
Живая масса быков в 3 года, кг / Live weight of bulls in 3 years, kg	745	747	745	750
Живая масса быков в 5 лет и старше, кг / Live weight of bulls in 5 years, kg	870	890	870	882

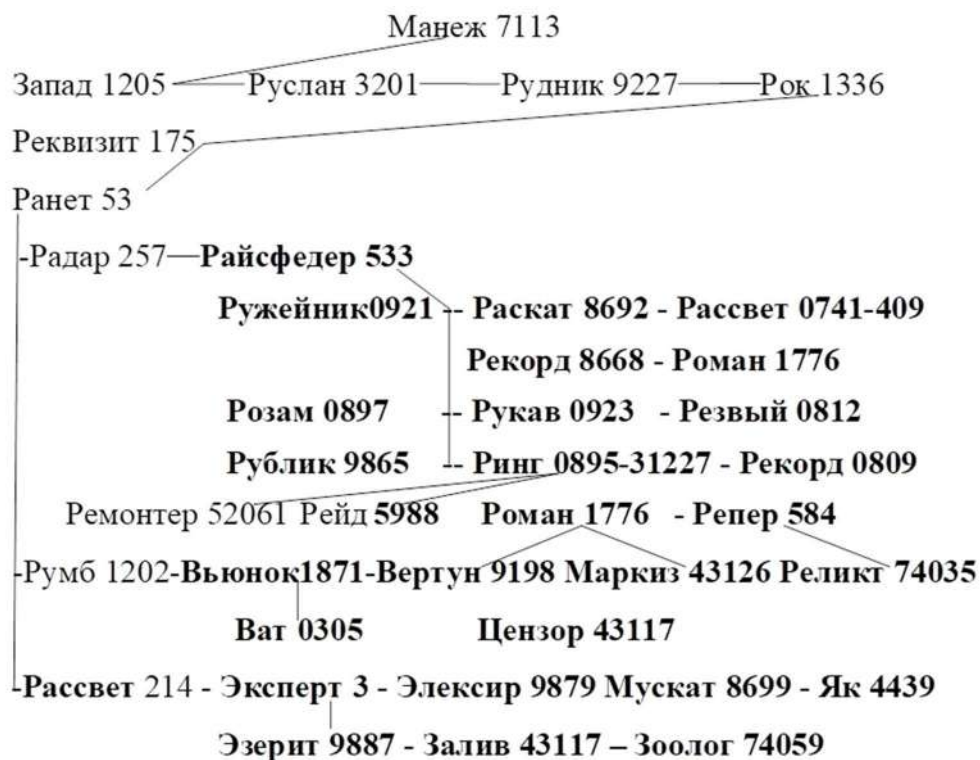


Рисунок 1 - Схема генеалогической линии Манежа 7113 – ОРЖ-68

Figure 1 – The scheme of the genealogical line of the Manez 7113 - ORZ -68

При этом выявлено, что в течение последних 5 лет в воспроизводстве стад анализируемых племенных хозяйств работало 6 быков-производителей (рисунок 1) и более 400 женских особей генеалогической линии Манежа 7113. Это довольно старая линия и признаки родоначальника давно улучшены многими потомками, которые унаследовали от родоначальника долгорослость и четко выраженный укрупненный тип.

В племенном заводе ООО «Солнечное» за последние 5 лет наибольшее распространение получили продолжатели быков Ринг 0895, Роман 1776 и Репер 584. В племпредукторе ЗАО «Антоновское» более активно работали потомки быка Ранет 53. Продолжатели этой линии в анализируемых хозяйствах при столово-пастбищном выращивании по энергии роста и живой массе отвечали требованиям высших бонитировочных классов.

Следует отметить, что среди потомков довольно старой заводской линии Дуплета 825 выделен бык Буллит 208, имеющий в 7 лет живую массу 903 кг и 89 баллов по типу телосложения. На основе его потомков создана родственная группа, с перспективой создания новой заводской линии (рисунок 2).

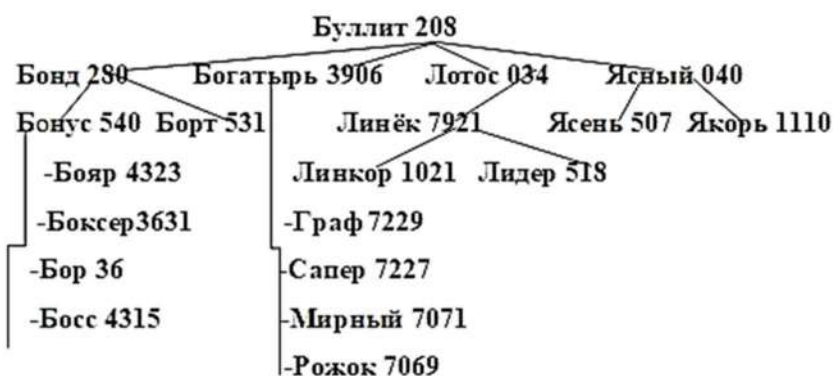


Рисунок 2 – Схема родственной группы быка **Буллит 208**

Figure 2 – The scheme of the genealogical group of bull **Bullitt 208**

В воспроизводстве работали и работают его 4 сына, 8 внуков и пока 6 правнуков. При этом быки-производители и коровы этой родственной групп по типу телосложения соответствуют требованиям укрупненного типа, и на 10 % превосходят животных других линий. Быки-производители Лидер 518, Борт 531, Бонус 540, Граф 7229 и другие в 5 лет имели живую массу более 860 кг и по комплексу признаков соответствовали требованиям класса элита рекорд.

В племенном заводе ООО «Солнечное» в течение последних 5 лет в воспроизводстве стада работало более 20 быков-производителей и почти 30 % маточного поголовья новой заводской линии быка Пират 6626. Они по продуктивности и типу телосложения превзошли родоначальника линии, и на их основании созданы три родственные группы и в воспроизводстве племпредуктора работают не только сыновья, но и внуки (рисунки 3-5). Их потомки имеют выраженный тип длиннотелых животных, обладают высокой энергией роста, хорошо развитой мускулатурой плечевого и тазового поясов, а коровы имеют хорошо выраженный инстинкт материнства и молочность.

Все быки-производители родственных групп по комплексу признаков значительно превосходят требования высших классов. В период анализируемых лет потомки от каждого из них в 2-3 года имели живую массу более 600-730 кг с оценкой экстерьера 92 баллов. От них получено по 20-30 дочерей, энергия роста которых на 10-15 % превосходила требования стандарта породы. Для выявления наиболее перспективных продолжателей проведена их оценка по собственной интенсивности роста. Для этого мы

использовали одинаковые условия содержания, а уровень кормления определяли с расчетом получения суточного прироста не ниже 850 г, с применением кормов хозяйства (таблица 2).

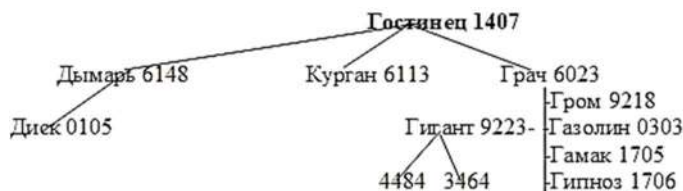


Рисунок 3 – Схема родственной группы быка Гостинец 1407

Figure 3 – The scheme of the genealogical group of bull Gostinets 1407



Рисунок 4 – Схема родственной группы быка Грильяж 916

Figure 4 – The scheme of the genealogical group of bull Grillage 916



Рисунок 5– Схема родственной группы быка Ярусный 1239

Figure 5 – The scheme of the genealogical group of bull Tiered 1239

Таблица 2 – Рационы молодняка в зимний период

Table 2 – Rations of young animals in winter

Показатель / Index	Возраст, мес. / Age, months.		
	8-10	11-14	15-18
1	2	3	4
Сено злаково-бобовое, кг / Cereal-bean hay, kg	3,5	5,4	5,8
Солома ячменная, кг / Barley straw, kg	2	3,0	3,5
Концорма, кг / Concentrated feed, kg	2	3,0	3,5
Жмых подсолнечный, кг / Sunflower cake, kg	0,5	1,0	1,5
Соль поваренная, г / Salt, g	30	45	50
В рационе содержится: к. ед. / The diet contains: fodder units	5-6	7-8	8,5-9,5
обменной энергии, МДж / exchange energy, MJ	62,0	89	108
сухого вещества, кг / dry matter, kg	6,0	8,5	10,7
сырого протеина, г / crude protein, g	735	1017	1283
переваримого протеина, г / digestible protein, g	559	752	876

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
сырого жира, г /raw fat, g	198	275	322
сырой клетчатки, г /crude fiber, g	1343	1866	1883
крахмала, г /starch, g	1082	1503	1672
кальция, г /calcium, g	29	40	43
фосфора, г / phosphorus, g	23	32	34
серы, г / sulfur, g	20	28	30
железа, мг / iron, mg	706	981	1157
цинка, мг / zinc, mg	171	237	306
марганца, мг / manganese, mg	242	336	438
кобальта, мг / cobalt, mg	4,8	7,3	8,3
каротина, мг / carotene, mg	116	162	250
витамина D, тыс. МЕ / vitamin D, thousand IU	3,1	6,2	6,9
витамина E, мг / vitamin E, mg	164	228	407

С первых дней жизни и до 18-месячного возраста опытные бычки всех групп потребляли в среднем на одного бычка кормов по питательности 3581 корм. ед. и 4638 кг сухого вещества (таблица 3). В его одном кг содержалось 0,77 кормовых единиц, 82 г перевариваемого протеина и 7,7 МДж обменной энергии, а на одну кормовую единицу приходилось 106 грамм перевариваемого протеина и 9,9 МДж обменной энергии.

Таблица 3 – Потреблено кормов и питательных веществ с рождения до 18-месячного возраста (в расчете на 1 бычка)

Table 3 – Feed and nutrients consumed from birth to 18 months of age (per 1 bull)

Корм / Feed	Кол-во корма, кг / Feed quantity, kg	Кормовые единицы / Feed units		Перевариваемый протеин / Digestible protein		Сухое вещество / Dry matter		Обменная энергия / Exchange energy	
		кг / kg	%	кг / kg	%	кг / kg	%	МДж / MJ	%
Молоко / Milk	1500	540,5	15,1	51,2	13,38	195	4,20	3482	9,74
Сено / Hay	840	336,7	9,4	67,2	17,56	684	14,75	3905	10,92
Солома / Straw	1130	339,4	9,5	5,8	1,51	917	19,77	3712	10,38
Зерновая смесь* / Grain mixture*	1195	1114	31,1	133	34,74	958	20,66	10220	28,59
Масса трав / Mass of herbs	6202	1250,4	34,9	125,6	32,81	1884	40,62	14435	40,37
Всего / Total	-	3581	100,0	382,8	100,0	463,8	100,0	35754	100,0

Примечание: состав зерновой смеси: дерть ячменная – 30%, пшеничная – 25, кукурузная – 25, гороховая – 20. В 1 кг смеси содержится 1,1 корм. ед., 112 г переваримого протеина и 9,33 МДж обменной энергии.

Обращает на себя внимание, что при одинаковом уровне кормления и равных условиях содержания наиболее интенсивное изменение живой массы было у бычков 5 и 4 групп (таблица 4). При этом у бычков родственных групп отмечена более высокая энергия роста в эмбриональный период. Поэтому у них, в сравнении со сверстниками первой группы, была более высокая живая масса бычков при рождении и в последующем отмеченное превосходство продолжало увеличиваться. Потомки родственной группы быка Ярусный 1239 по увеличению живой массы заняли первое место. Второе место заняли бычки родственной группы Грильяж 916, третье место – Буллит 208, а последнее место – потомки контрольной генеалогической линии Манежа 7113. Бычки родственных группы, имея при рождении превосходство над потомками Манежа по живой массе на 1-3 кг, в 8-месячном

возрасте она уже увеличилась до 10-21 кг, а в 18 месяцев – 20-49 кг ($P \geq 0.99$). При этом бычки пятой группы в годичном возрасте по живой массе на 5-17 кг превосходили сверстников 2-4 групп и на 26 кг – бычков генеалогической линии.

Таблица 4 – Показатели живой массы бычков различных групп, кг

Table 4 – Indicators of live weight of bulls of various groups, kg

Возраст, мес. / Age, months.	Генеалогическая линия Манежа 7113 / Genealogical line Manege 7113 (1)	Родственная группа (n=25 в каждой группе) / Related group (n=25 in each group)			
		Буллит 208 / Bullitt 208 (2)	Гостинец 1407 / Gostinets 1407 (3)	Грильяж 916 / Grillage 916 (4)	Ярусный 1239 / Tiered 1239 (5)
1 день / 1 day	26±0,49	27±0,45	27±0,48	29**±0,53	28**±0,57
8	217±3,6	230*±1,9	227**±2,2	236*±2,8	238*±2,3
12	315±3,6	329*±2,7	324**±2,9	336*±3,3	341*±2,9
15	397±4,5	414*±3,9	408*±4,2	424*±4,5	430*±3,1
18	448±4,2	476*±4,5	468*±3,9	489*±4,3	497*±3,8

* $P \geq 0.99$; ** $P \geq 0.95$

Бычки 5 и 4 групп по суточному приросту превосходили сверстников второй и третьей родственных групп по периодам учета на 18-50, а первой – на 36-87 грамм (таблица 5). При этом энергия роста у бычков родственных групп за 18 месяцев была на уровне 806-857 г, а в группе генеалогической линии – 771 г в сутки, что свидетельствует о лучшей приспособляемости потомков вновь создаваемых заводских линий к условиям степного региона. Поэтому они за период контроля обошли сверстников первой группы на 21-47 кг (9-11 %) по величине абсолютного прироста (таблица 6). Разница по этому показателю в пользу бычков 5 и 4 групп в сравнении со сверстниками 2 и 3 групп составляла 11-28 кг (3-6 %).

Таблица 5 – Динамика энергии роста бычков за период выращивания

Table 5 – Dynamics of growth energy of bulls during the growing period

Возрастной период, мес. / Age period, months	Группа и среднесуточный прирост, г / Group and average daily growth, g				
	1	2	3	4	5
1 день – 8 / 1 day – 8	786±9,6	835±12,3	823±10,7	852±9,6	864±9,9
9-12	810±11,2	818±11,4	801±11,0	826±8,2	851±10,2
13-15	901±10,7	934±12,9	923±11,9	967±8,8	978±8,9
16-18	560±8,3	681±6,4	659±7,1	714±6,9	736±8,5
1 день – 18 / 1 day – 18	771±7,5	821±8,2	806±8,7	841±8,4	857±8,9

Причем показатели превосходства по живой массе потомков быка Ярусный 1239 в сравнении со сверстниками других групп высоко достоверна. Эти данные свидетельствуют, что у потомков этой родственной группы и быка Грильяж 916 в равных условиях хозяйства более высокая трансформация питательных веществ корма, чем у сверстников других групп, что и подтверждается более низкими у них затратами корма, сухого вещества и обменной энергии на 1 кг прироста (таблицы 6, 7).

Бычки анализируемого поголовья нашего опыта реализованы в качестве товарного молодняка, и их реализационная стоимость была одинаковой независимо от их конечной живой массы. Поэтому от каждого бычка родственных групп, имеющих более высокую живую массу в конце периода выращивания, получено на 608-3822 рублей прибыли больше и их рентабельность выращивания была на 1-4 % выше, чем у сверстников генеалогической линии.

Таблица 6 – Динамика абсолютного прироста бычков, кг

Table 6 – Dynamics of absolute growth of bulls, kg

Возрастной период, мес. / Age period, months		Группа / Group				
		1	2	3	4	5
1 день– 8 / 1 day – 8		191±6,2	203±6,2	200±4,3	207±6,4	210±7,7
9-12		98±2,4	99±2,4	97±1,9	100±2,3	103±2,8
13-15		82±2,4	85±2,4	84±2,7	88±2,2	89±3,3
16-18		51±2,2	62±2,2	60±2,4	65±2,8	67,0±3,8
1 день-18 / 1 day – 18		422±4,1	449±4,1	441±4,0	460±3,3	469±3,8
Затраты на 1 кг прироста / Feed costs per 1 kg of gain	корм. ед. / fodder units	8,49	7,98	8,12	7,78	7,64
	МДж / MJ	84,73	79,63	81,07	77,73	76,23

Таблица 7 – Экономические показатели выращивания бычков до 18-месячного возраста (в расчете на одно животное)

Table 7 – Economic indicators of rearing bulls up to 18 months of age (per animal)

Показатель / Index	Группа / Group				
	1	2	3	4	5
Живая масса, бычка в 18 мес., кг / Live weight, bull in 18 months, kg	448	476	468	489	497
Расход сухого в-ва на 1 кг прироста, / Consumption of dry v-v-a per 1 kg of gain,	10,99	10,33	10,52	10,08	9,89
Себестоимость выращивания, руб. / Cost of cultivation, rub.	84672	89012	87984	89976	90454
Себестоимость 1 кг жив. массы, руб. / The cost price is 1 kg alive. weight, rub.	189	187	188	184	182
Реализ-ная цена 1 кг жив. мас., руб. / The selling price of 1 kg live weight, rub	196	196	196	196	196
Выручено от реализации, руб. / Proceeds from sales, rub.	87808	93296	91728	95844	97412
Получено прибыли, руб. / Profit received, rub.	3136	4384	3744	5868	6958
Рентабельность, % / Profitability, %	3,70	4,92	4,26	6,52	7,69

Выводы. Следовательно, интенсификация выращивания молодняка и увеличение количества животных-претендентов на новые заводские линии будет способствовать не только увеличению производства говядины, но и повысит окупаемость затрат и рентабельность отрасли мясного скотоводства в хозяйствах, что является хорошей основой для продолжения работы по созданию заводских линий и регионального внутрипородного типа калмыцкой породы. А именно, исследования показали, что у бычков родственных групп за 18 месяцев наблюдается более высокая энергия роста, что свидетельствует о лучшей приспособляемости потомков вновь создаваемых заводских линий к условиям степного региона.

Библиографический список

1. Антипенко Л. Н., Малыхин И. А. Конкурентоспособность и конкурентные преимущества сельскохозяйственной отрасли Ростовской области // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 23. С. 1-9. <http://e-koncept.ru/2017/770423>.
2. Колосов Ю. А. Мясная продуктивность бычков при интенсивном доращивании // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 159. С. 183-194.
3. Колосов Ю., Приступа В., Торосян Д. Интенсивное доращивание бычков // Животноводство России. 2021. № 9. С. 59-64.
4. Лихолетова Н. В., Святогоров Н. А., Щитов С. Е. Анализ влияния процесса транснационализации на агропромышленный комплекс России // Управленческий учет. 2021. № 3-2. С. 484-494.

5. Приступа В. Н. История и приоритеты животноводства Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 188–191.
6. Приступа В. Н. Мясная продуктивность и качество мясного сырья животных калмыцкой породы новых заводских линий // Теория и практика переработки мяса. 2017. № 2 (2). С. 69–79.
7. Приступа В. Н., Кротова О. В., Савенков К. С. Мясная продуктивность скота калмыцкой породы различных линий // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 60. С. 88–93.
8. Тихомиров И. А., Скоркин В. К., Аксенова В. П. Совершенствование технологии выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 4 (28). С. 117.
9. Третьякова О. Л. Сравнительная морфофункциональная характеристика длиннейшей мышцы спины бычков кастратов двух породных типов (Айта и Вознесенский) калмыцкой породы крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 185–187.
10. Улимбашева Р. А. Мясная продуктивность молодняка разного направления продуктивности // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 1 (41). С. 83–88.
11. Холодова М. А., Мирошниченко Т. А., Святогоров Н. А. Финансово-экономическое состояние сельского хозяйства в условиях экспортно-ориентированной стратегии АПК // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2021. № 1 (44). С. 60–71.
12. Use of feed additives “valopro” and “ruprokol” to increase the energy of growth and meat productivity of simmental steers / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. N. Pristupa, Yu. A. Kolosov, V. Kh. Fedorov // 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. 82038.

Информация об авторах

Приступа Василий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО ДГАУ (346493, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), SPIN-код автора 3390-2778, Scopus Author ID= 414911, prs40@yandex.ru

Святогоров Николай Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ ВО ДГАУ (346493, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), SPIN-код автора 9092-4579 РИНЦ Author ID= 625671 sviatogorov@mail.ru

Грицай Анна Юрьевна, аспирант ФГБОУ ВО ДГАУ (346493, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), tshp.dongau@yandex.ru

Святогорова Александра Евгеньевна, младший научный сотрудник СКЗНИВИ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ (346421, Ростовская область, город Новочеркасск, Ростовское шоссе, д.0), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740> sviatogorova.a@yandex.ru

Свитенко Олег Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), SPIN-код автора 2218-4348, РИНЦ Author ID= 838521 svitenko@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-29

INDICATORS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF RAINBOW TROUT WHEN FEEDING THE BETA-FLORA FEED ADDITIVE

D. A. Randelin, V. N. Agapova, Yu. V. Kravchenko, S. Yu. Agapov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 21.04.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

The article deals with studies of the effect of the biologically active additive «Beta-Flora» on the growth rates of rainbow trout when grown in installations with a closed water supply cycle. The results of the conducted scientific and economic experiments indicate a positive effect of the introduced BAS on the growth indicators of salmon fish.

Abstract

Introduction. In Russia, there are all, without exception, the prerequisites for the intensive development of aquaculture, especially freshwater. Our state has a significant water fund: 22.5 million hectares of lakes; 4.5 hectares of reservoirs, 1 million hectares of reservoirs for complex purposes; 150-180 thousand hectares of pond area. The natural and climatic conditions of our state are characterized by the dominance of temperate climate zones, which makes it possible to successfully form the industrial cultivation of cold-loving fish species: whitefish and salmon. Of these, rainbow trout should be especially noted, it belongs to the delicacy fish products and is successfully bred in absolutely all countries of the world. **Object.** The object of research is rainbow trout **Materials and methods.** The place for conducting experiments to study the effect of feed with the addition of the «Beta-Flora» feed additive on the economic and biological indicators of rainbow trout is the problematic research laboratory "Cultivation of valuable sturgeon breeds" of the Volgograd State Agrarian University. In the course of our experience, generally accepted, as well as modern methods of ichthyological, zootechnical, physiological, biochemical and chemical research were used using modern instruments and equipment. The experimental material was subjected to biometric processing using the program «Microsoft Office» using the application "determining the criterion of significance of the difference according to Student-Fisher at all levels of reliability. **Results and conclusion.** Feed additive «Beta-Flora» had a positive effect on the growth and development of rainbow trout when grown in plants with a closed water supply cycle. The obtained results of scientific and economic experiments demonstrate the beneficial effect of the introduced feed additive on growth dynamics indicators, linear measurements of salmon fish juveniles. The mass of internal organs, especially the size of the liver, testified to the absence of a toxic effect of the feed additive «Beta-Flora» on the body of the studied representatives of the rainbow trout.

Keywords: dietary supplement "Beta-Flora", rainbow trout, salmon, growth indicators, live weight.

Citation. Randelin D. A., Agapova V. N., Kravchenko Yu. V., Agapov S. Yu. Indicators of growth and development of rainbow trout when feeding the Beta-Flora feed additive. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 230-238 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-29.

Author's contribution. The team of authors working on this study made a direct contribution to the planning, execution and analytical processing of the results obtained. The group of authors the presented article reviewed and approved the proposed final version.

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

УДК 636.084:639.3

**ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ
ПРИ СКАРМЛИВАНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «БЕТА-ФЛОРА»**

Д. А. Ранделин, доктор биологических наук, профессор

В. Н. Агапова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ю. В. Кравченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

С. Ю. Агапов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 21.04.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. В России существуют все без исключения предпосылки для интенсивного развития аквакультуры, в особенности пресноводной. Наше государство обладает значительным водным фондом: 22,5 млн га озёр; 4,5 га водохранилищ, 1 млн га водоемов комплексного назначения; 150-180 тыс. га прудовой площади. Природно-климатические условия нашего государства характеризуются доминированием полос с умеренным климатом, что даёт возможность благополучно формировать индустриальное выращивание холодолюбивых видов рыб: сиговых и лососевых. Из их числа особенно следует отметить радужную форель, она принадлежит к деликатесной рыбной продукции и с успехом разводится абсолютно во всех государствах мира. **Объект.** Объектом исследований является радужная форель. **Материалы и методы.** Место проведения экспериментов по изучению влияния кормов с добавлением кормовой добавки «Бета-Флора» на хозяйственно-биологические показатели радужной форели – ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых»

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. В ходе проведения нашего опыта применялись общепризнанные, а также современные методы ихтиологических, зоотехнических, физиологических, биохимических и химических исследований с использованием современных приборов и оборудования. Экспериментальный материал подвергался биометрической обработке по программе «Microsoft Office» с применением приложения «Определение критерия достоверности разности по Стьюденту-Фишеру при всех уровнях достоверности». **Результаты и выводы.** Кормовая добавка «Бета-Флора» положительно повлияла на показатели роста и развития радужной форели при выращивании в установках с замкнутым циклом водоснабжения. Полученные результаты научно-хозяйственных опытов демонстрируют благоприятное воздействие вводимой кормовой добавки на показатели динамики роста, линейные промеры молоди рыб лососевых рыб. Масса внутренних органов, в особенности размеры печени, свидетельствовала об отсутствии токсического влияния кормовой добавки «Бета-Флора» на организм исследуемых представителей радужной форели.

Ключевые слова: биологически активные добавки, «Бета-Флора», радужная форель, лососевые, показатели роста форели, живая масса форели.

Цитирование. Ранделин Д. А., Агапова В. Н., Кравченко Ю. В., Агапов С. Ю. Показатели роста и развития радужной форели при скармливании кормовой добавки «Бета-Флора». *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 230-238. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-29.

Авторский вклад. Коллектив авторов, работающих над данным исследованием, произвел непосредственный вклад в планирование, выполнение и аналитическую обработку полученных результатов. Соавторы представленной статьи ознакомились с предложенной итоговой версией и утвердили ее.

Конфликт интересов. Авторы утверждают, что столкновение интересов отсутствует.

Введение. На сегодняшний день считается актуальным использование БАД для повышения рыбопродуктивности водоемов страны, а также увеличения животноводческой продукции. Положительное воздействие их на процесс работы желудочно-кишечного тракта и обменные процессы у сельскохозяйственных животных и птицы уже достаточно хорошо изучено [4]. В то же время объем научно обоснованной информации по использованию биологически активных препаратов при выращивании различных объектов аквакультуры недостаточно освещен, и в литературных источниках отсутствуют физиологические и экономические схемы использования биологически активных препаратов на представителях ихтиофауны [7, 9].

Выпускаемые отечественной кормовой промышленностью добавки с высокой характеристикой и современными требованиями безопасности кормовой базы позволяют расширить исследовательский спектр в области разработки схем для использования их в рыбоводстве с целью увеличения рыбопродуктивности водных биоресурсов Российской Федерации.

Цель нашего исследования – изучить зоотехнические и физиолого-биохимические показатели лососевых видов рыб на примере радужной форели, при включении в комбикорма кормовой добавки «Бета-Флора».

Материалы и методы. Для проведения исследований были подобраны две контрольные и две опытных группы по 50 голов в каждой. В качестве корма для первой контрольной группы использовался производственный форелевый корм BiomarElicoAlpha 790 R. Комбикорм для второй контрольной и опытных групп был произведен ООО «Фабрика белковых кормов» по представленной в техническом задании рецептуре. В полнорационных кормах для представителей, составляющих опытные группы, применялась кормовая добавка «Бета-Флора» в объеме 0,5 % и 1 %. В качестве норм кормления использовались рекомендации с учетом живой массы и температуры воды компании Biomar. Кормление радужной форели производилось в дневное время. Частота кормления, суточная дача кормов и размеры гранул изменялись с учетом температуры воды, количества содержащегося в ней кислорода и роста биологической загрузки рыбы [6, 8].

Результаты и обсуждение. Контроль за изменением живой массы рыбы осуществлялся с помощью взвешивания на еженедельной основе; нами были произведены расчеты абсолютного, относительного, среднесуточного приростов живой массы. При постановке на опыт начальная средняя живая масса радужной форели равнялась 394 граммам.

Средняя живая масса при постановке на опыт составляла 394 грамма. Продолжительность опыта составляла 35 дней (5 дней – формирование групп и приучение к рациону, 30 дней – основной период эксперимента) (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 - Scheme of experience

Группа	1 контрольная	2 контрольная группа	3 опытная	4 опытная
Особенности кормления	BiomarEficoAlpha 790 R	Стандартный комби-корм	Комбикорм, содержащий 0,5 % кормовой добавки «Бета-Флора»	Комбикорм, содержащий 1 % кормовой добавки «Бета-Флора»
Количество рыб в группе, п	50	50	50	50
Продолжительность опыта, дней	30	30	30	30

Состав опытных кормов: пшеница СП – 12 %, кукурузный глютен, мука мясная СП – 80 %, мука мясокостная СП – 46 %, свиной гемоглобин СП – 93 %, жир рыбий, масло соевое, рыбная мука СП – 65 %, дрожжи кормовые СП – 44 %, премикс для форели, кормовой добавки «Бета-Флора», жмых соевый без оболочки СП – 46 %.

В результате анализа собранных данных отмечаем, что наивысшими показателями живой массы по окончании проведенного нами исследования выделялись представители 1-й контрольной группы, они превосходили аналогов из 2-й контрольной группы по изучаемому параметру на 7,9 %, 3-й опытной группы – на 6,3 %, 4-й опытной группы – на 4,25 %. Также установлено, что радужная форель 3-й опытной группы превосходила аналогов 2-й контрольной группы на 1,76 %, а аналоги 4-й группы – на 3,96 % (таблицы 2, 3).

По абсолютному приросту живой массы (рисунок 1) превалировали рыбы, относящиеся к контрольной группе. Представители контрольной группы преобладали по данному показателю над аналогами из 2-й контрольной группы на 31,25 %, а 3-й опытной группы – на 27,08 % и 4-й опытной – на 14,6 %.

Таблица 2 – Показатели продуктивности радужной форели

Table 2 – Rainbow trout productivity indicators

Показатель	1 контрольная	2 контрольная	3 опытная	4 опытная
Численность рыб на начало опыта, гол	50	50	50	50
Масса радужной форели на начало постановки опыта, г	395±8,7	393±8,2	393±9,1	394±7,9
Численность рыб на конец опыта, гол	50	50	50	50
Масса радужной форели по окончании опыта, г	494,0±8,3	455,0±9,5	463,0±10,4	473,0±11,1
Абсолютный прирост, г	99	62	70	79
Среднесуточный прирост, г	3,3	2,1	2,3	2,6
Относительный прирост, %	25,1	15,8	17,8	20,1
Выживаемость за период опыта, %	100	100	100	100
Суммарная ихтиомасса в конце опыта, кг	49,4	45,5	46,3	47,3

Таблица 3 – Динамика живой массы, г / Table 3 – Dynamics of live weight, gr

Группа	В начале опыта	Период опыта			
		1	2	3	4
1-я контрольная	395±8,7	418,0±9,8	431,0±9,1	446,0±10,4	494,0±8,3
2-я контрольная	393±8,2	404,0±10,3	409,1±9,3	442,0±9,8	455,0±9,5
3-я опытная	393±9,1	405,0±8,6	415,0±9,7	428,0±10,1	463,0±10,4
4-я опытная	394±7,9	408,0±11,4	419,0±9,4	432,0±10,5	473,0±11,1

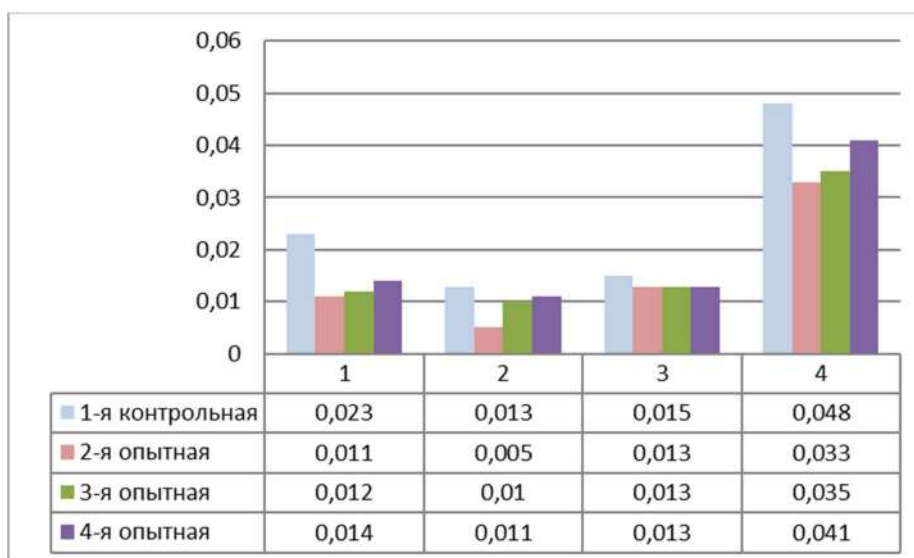


Рисунок 1 – Абсолютный прирост массы живой, кг / Figure 1 – Absolute increase in live weight, kg

Относительный прирост (таблица 4), характеризующий напряженность роста, был также выше в 1-й контрольной группе по сравнению со 2-й контрольной и 3-й опытной группами за весь период опыта на 6,36 и 5,15 % соответственно.

Таблица 4 – Относительный прирост живой массы, %

Table 4 – Relative increase in live weight, %

Группа	Период опыта			
	1	2	3	4
1-я контрольная	5,823	3,110	3,480	10,762
2-я контрольная	2,799	1,238	3,178	7,820
3-я опытная	3,053	2,469	3,133	8,178
4-я опытная	3,553	2,696	3,103	9,491

Во всех группах выживаемость составила 100 % поголовья.

Суммарная ихтиомасса в конце опыта в 1 контрольной группе была выше, чем во 2-й контрольной на 3,9 %, в 3-й и 4-й опытных группах – на 3,1 и 2,1 % соответственно.

Рассматривая результаты, указанные в таблице 5, можем вывести заключение, что достоверных различий между опытными группами по процентному отношению к массе тела внутренних органов не обнаружено [7].

Масса внутренних органов, в особенности печень, располагается в интервалах, не превышающих размеры патологических изменений, что свидетельствует об отсутствии токсического влияния кормовой добавки «Бета-Флора» на организм исследуемых животных [3, 7].

По результатам измерения показателей линейного роста форели можно сделать вывод, что значительных различий в контрольной и опытных группах по длине тела не зафиксировано (таблица 6).

Таблица 5 – Относительные внутренние признаки радужной форели

Table 5 – Relative interior features of rainbow trout

Показатель	1 контрольная	2 контрольная	3 опытная	4 опытная
Масса, г	395	393	393	394
Процентное отношение к массе тела, %				
Сердце	0,33	0,29	0,31	0,32
Печень	2,18	2,31	2,37	2,21
Селезенка	0,1	0,1	0,1	0,1
ЖКТ	5,2	6,6	6,1	5,6
Жир	2,31	2,08	2,02	2,25
Почки	1,24	1,18	1,23	1,21
Голова	9,6	10,2	9,9	9,6
Жабры	3,1	3,3	3,3	3,1
Тушка	68,2	66,9	67,7	67,9

Таблица 6 – Значение показателей размера тела радужной форели за период проведения опыта

Table 6 – The value of indicators of the body size of rainbow trout for the period of the experiment

Группа	В начале опыта			В конце опыта		
	Живая масса, г	Длина тела L, см	Длина тела l, см	Живая масса, г	Длина тела L, см	Длина тела l, см
1 контрольная группа	395	25,7±0,5	24,9±0,4	494	30,8±0,6	29,6±0,5
2 контрольная группа	393	25,8±0,4	25±0,4	455	31,6±0,6	30,3±0,6
3 опытная группа	393	25,7±0,5	24,8±0,3	463	31,2±0,5	29,9±0,5
4 опытная группа	394	25,7±0,2	24,9±0,1	473	31,1±0,4	29,7±0,5

Для оценки эффективности применения кормовой добавки «Бета-Флора» на гематологические показатели радужной форели в испытательной лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ были проведен анализ крови исследуемых рыб [6] (таблица 7).

Забор крови осуществляли путем отсечения хвоста и взятия проб из хвостовой вены у молоди радужной форели в конце опыта.

Таблица 7 – Гематологические показатели крови радужной форели в конце исследования

Table 7 - Hematological blood parameters of rainbow trout at the end of the study

Показатель	1 контрольная	2 контрольная	3 опытная	4 опытная
Эритроциты, $10^{12}/л$	1225±114	1166±96	1198±102	1221±110
Лейкоциты, $10^9/л$	256,6±11,5	231,3±10,1	246,1±12,7	251,6±10,3
Тромбоциты, $10^9/л$	53,8±6,41	58,3±6,28	61,7±6,13	54,6±6,21
Гематокрит, %	38,7±1,1	41,4±1,3	37,5±0,9	38,9±1,3
Гемоглобин, г/л	53,8±3,25	52,7±2,94	49,8±2,68	53,2±3,13

Рассматривая результаты произведенных гематологических исследований крови у представителей радужной форели в контрольных и опытных группах, мы видим, что данные показатели находятся в интервалах допустимых значений по морфологическим и биохимическим параметрам.

Количество эритроцитов не показало достоверных различий между контрольной и опытными группами, однако по количеству лейкоцитов 2-я контрольная, 3-я и 4-я опытные группы несколько уступали (на 9,86; 4,09 и 1,95 % соответственно) сверстни-

кам из 1-й контрольной группы. В свою очередь, представители 3-й и 4-й опытных групп по количеству лейкоцитов превосходили аналогов из 2-й контрольной группы (на 6,01 и 8,07 %), что свидетельствует о более высоком иммунном статусе радужной форели, получавшей корма с добавлением кормовой добавки «Бета-Флора».

Выводы. Кормовая добавка «Бета-Флора» положительно повлияла на показатели роста и развития радужной форели при выращивании в установках с замкнутым циклом водоснабжения. Полученные результаты научно-хозяйственных опытов демонстрируют благоприятное воздействие вводимой кормовой добавки на показатели динамики роста, линейные промеры молоди рыб лососевых рыб. Масса внутренних органов, в особенности размеры печени, свидетельствовала об отсутствии токсического влияния кормовой добавки «Бета-Флора» на организм исследуемых представителей радужной форели.

На основании вышеизложенных последствий можно прийти к заключению, что исследуемая добавка, применяемая в кормах, не оказывает отрицательного воздействия на гематологические показатели молоди радужной форели.

Также радужную форель в период проведения опыта исследовали на выявление вирусных заболеваний; были проведены исследования на бактериальную микрофлору, которые показали отрицательные результаты, что свидетельствовало о благополучной эпизоотической ситуации на предприятии. Все исследования были проведены согласно «Методическим указаниям по лабораторной диагностике псевдомонозов рыб» № 13-4-2/1403 от 22.10.1998 г., «Временной инструкции о мероприятиях по борьбе с микобактериозами» № 13-4-2/1395 от 18.09.1998 г., а также «Инструкцией о мероприятиях по борьбе с аэромонозом рыб» № 13-4-2/1366 от 17.08.1998 г.

Библиографический список

1. Власов В. А., Ельшов А. В., Кулькова И. С. Использование биологически активных добавок в кормлении рыб // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 6 (149). С. 68-77.
2. Власов В. А., Ельшов А. В., Ревякин А. О. Использование кормовой добавки "Сангровит EXTRA" в кормлении радужной форели // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2019. № 1 (156). С. 22-29.
3. Горлов И. Ф. Способы стимулирования биологической продуктивности водоемов: рекомендации. Волгоград: Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; Донской государственный технический университет; Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. 15 с.
4. Гусева Ю. А. Оптимизация кормления - одно из условий получения безопасной рыбной продукции // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 4 (147). С. 56-63.
5. Максимова О. С., Гусева Ю. А. Оценка темпа роста радужной форели, выращенной с использованием в рационах кормления гидролизата соевого белка // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 14-17.
6. Применение комбикормов с использованием местных кормовых источников при выращивании радужной форели / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, О. В. Корнеева, Ю. М. Батракова, И. Ю. Даниленко // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3. С. 14-17.
7. Ткачева И. В. Формирование кишечной микрофлоры карпа под влиянием пробиотической добавки // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2019. № 1 (41). С. 52-55.
8. Dingcong H. Effects of Feeding Frequency on the Post-Feeding Oxygen Consumption and Ammonia Excretion of the Juvenile Snakehead // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015. № 15. P. 293-301.
9. Harvey A. C. Plasticity in response to feed availability: does feeding regime influence the relative growth performance of domesticated, wild and hybrid atlantic salmon salmo salar parr? // Journal of Fish Biology. 2016. Vol. 89. № 3. P. 1754-1768.

10. Naderi Farsani M. Dietary effects of coriandrum sativum extract on growth performance, physiological and innate immune responses and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) against *yersinia ruckeri* // *Fish & Shellfish Immunology*. 2019. Vol. 91. P. 233-240.

11. Sánchez-Hernández J. Drivers of diet patterns in a globally distributed freshwater fish species // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2019. № 8. P. 1263-1274.

12. Yarahmadi P. Protective effects of the prebiotic on the immunological indicators of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) infected with *aeromonas hydrophila* // *Fish & Shellfish Immunology*. 2016. Vol. 54. P. 589-597.

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор биологических наук, профессор, e-mail: randelin_dm@mail.ru

Агапова Василина Николаевна, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: 55avn5@mail.ru

Кравченко Юрий Владимирович, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: uriy34rus@mail.ru

Агапов Сергей Юрьевич, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: agapov_s_y@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-30

BIOLOGICAL VALUE OF A COMPLEX MINERAL SUPPLEMENT FOR LACTATING COWS

G. A. Simonov¹, M. A. Stepurina², A. T. Varakin², V. S. Zoteev³,
A. G. Simonov⁴, E. S. Vorontsova^{2,5}

¹*Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming, Vologda*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

³*Samara State Agrarian University, Samara*

⁴*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow*

⁵*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

Received 02.03.2022

Submitted 29.04.2022

Summary

The article presents research data on the assessment of the biological value of a complex mineral supplement: natural Volgograd bischofite, for lactating cows. According to research results, introduction to the composition of diets of the studied natural complex mineral supplement had a positive effect on the morphological and biochemical parameters of the blood of dairy cows, their milk productivity and milk quality, economic efficiency of its production.

Abstract

Introduction. The aim of the research was to determine the effect from the use of bischofite from the Volgograd deposit when feeding lactating cows. The article found coverage of the issues of improving the mineral provision of diets to increase milk productivity and milk quality of dairy cows, improve their physiological state. **Materials and methods.** The organization of scientific and economic experience was carried out using cows of the red steppe breed. During the experiment the animals of the 1-basic variant group (control) were fed with food and the necessary balancing supplements of the main diet, and groups of the 2-experimental variant (experimental) - the same feed and additives of the main diet and additionally natural Volgograd bischofite. The study of blood parameters, characterizing its morphological and biochemical composition, in lactating cows was carried out at the same time as the scientific and economic experience, when they were used from this experiment. During the scientific and economic experiment the milk productivity of lactating cows and the quality of the milk produced

were studied. **Results and conclusions.** The results obtained in the study made it possible to establish the correspondence of morphological and biochemical parameters of blood in animals in groups to the physiological norm, and the use of natural Volgograd bischofite in the diet of cows revealed its high biological value. In the blood of cows of group 2-experimental variant a higher level of erythrocytes by 7.40% and hemoglobin concentration by 2.05% was revealed, than in the 1-base variant (control), without the use of natural bischofite in the main diet. In cows of group 2-experimental variant a higher level of content in total protein by 1.87%, albumin by 2.42% and globulins by 1.46% was also detected in the blood serum. They also had higher serum levels of aminotransferase activity - *Aspartate Aminotransferase* and *Alanine Aminotransferase*. The introduction of the experimental variant of the studied natural complex mineral supplement into the diet of the animals of group 2 had a positive effect on the indicators characterizing their milk production: average daily milk yields and the fat and protein contained in it, which were higher on average per individual, by 1.3 kg (7.74%), 0.05% and 0.02%, respectively, than in group 1- base variant. The economic evaluation showed the best efficiency in the group of cows of the 2-experimental variant, which had the level of profitability of milk production with an advantage of 11.3%, compared to the control (27.0%).

Key words: cows of the red steppe breed, diet, complex mineral supplement, indicators of blood composition, milk productivity, economic efficiency.

Citation. Simonov G. A., Stepurina M. A., Varakin A. T., Zoteev V. S., Simonov A. G., Vorontsova E. S. Biological value of a complex mineral supplement for lactating cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2 (66). 238-247 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-30.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper. The authors of this article are familiar with the submitted final version and approved it.

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

УДК 636.2.034.087.72

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ

Г. А. Симонов¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

М. А. Степурина², аспирант

А. Т. Варакин², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. С. Зотеев³, доктор биологических наук, профессор

А. Г. Симонов⁴, кандидат экономических наук, доцент

Е. С. Воронцова^{2,5}, кандидат биологических наук

¹Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский институт молочного и лугопастбищного хозяйства, г. Вологда

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³Самарский государственный аграрный университет, г. Самара

⁴Российский университет дружбы народов, г. Москва

⁵Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 02.03.2022

Дата принятия к печати 29.04.2022

Аннотация. Представлены данные исследования по оценке биологической ценности комплексной минеральной добавки природный Волгоградский бишофит для лактирующих коров. Согласно результатам исследований, введение в состав рационов изучаемой природной комплексной минеральной добавки положительно влияло на морфологические и биохимические показатели крови дойных коров, их молочную продуктивность и качество молока, экономическую эффективность его производства.

Актуальность. Целью исследований являлось определение эффекта от использования бишофита Волгоградского месторождения при кормлении лактирующих коров. В статье нашли освещение вопросы совершенствования минерального обеспечения рационов для повышения молочной продуктивности и качества молока дойных коров, улучшения их физиологического состояния. **Материалы и методы.** Организацию научно-хозяйственного опыта выполнили с

использованием коров красной степной породы. Во время опыта животным группы 1-базового варианта (контроль) скармливали корма и необходимые балансирующие добавки основного рациона, а группы 2-экспериментального варианта (опытная) – те же корма и добавки основного рациона и дополнительно природный Волгоградский бишофит. Исследование показателей крови, характеризующих её морфологический и биохимический состав, у лактирующих коров осуществляли одновременно с научно-хозяйственным опытом, при их использовании с данного эксперимента. Во время научно-хозяйственного опыта были изучены молочная продуктивность лактирующих коров и качество произведённого молока. **Результаты и выводы.** Полученные результаты в исследовании позволили установить соответствие морфологических и биохимических показателей крови у животных в группах физиологической норме, а использование в рационе коров природного Волгоградского бишофита выявило его высокую биологическую ценность. В крови коров группы 2-экспериментального варианта выявили более высокий уровень количества эритроцитов на 7,40 % и концентрации гемоглобина на 2,05 %, чем в 1-базовом варианте (контроле), без использования в основном рационе природного бишофита. У коров группы 2-экспериментального варианта в сыворотке крови был выявлен также более высокий уровень содержания общего белка на 1,87 %, альбуминов – на 2,42 % и глобулинов – на 1,46 %. Они также имели выше в сыворотке крови показатели активности аминотрансфераз - АСТ и АЛТ. Введение в рацион животным группы 2-экспериментального варианта изучаемой природной комплексной минеральной добавки положительно влияло на показатели, характеризующие их молочную продуктивность: средние суточные удои молока и содержащийся в нём жир и белок, которые были выше в среднем на одну особь, соответственно, на 1,3 кг (7,74 %), 0,05 % и 0,02 %, чем в группе 1-базового варианта. Экономическая оценка показала лучшую эффективность в группе коров 2-экспериментального варианта, имевших уровень рентабельности производства молока с преимуществом на 11,3 % по сравнению с контролем (27,0 %).

Ключевые слова: коровы красной степной породы, рационы коров, комплексная минеральная добавка, показатели состава крови коров, молочная продуктивность коров.

Цитирование. Симонов Г. А., Степурина М. А., Варакин А. Т., Зотеев В. С., Симонов А. Г., Воронцова Е. С. Биологическая ценность комплексной минеральной добавки для лактирующих коров. *Известия НВ АУК.* 2022. 2 (66). 238-247. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-30.

Авторский вклад. Все авторы проведённого исследования непосредственно участвовали в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дальнейшему повышению эффективности производства животноводческой продукции будет способствовать расширение ассортимента вводимых в рационы кормов и необходимых добавок, при использовании которых более полно реализуется генетически обусловленный потенциал продуктивных качеств сельскохозяйственных животных с улучшением данных показателей [2, 24].

Большую роль в решении этой важной проблемы в хозяйствах всех форм собственности играет качественный состав потребляемых рационов, разнообразие состава включаемых в них компонентов, что позволяет обеспечить биологическую полноценность кормления животных, а соответственно и повышение их продуктивных показателей [26, 28].

Следует подчеркнуть, что перспективные кормовые средства, биологические кормовые добавки к рациону при кормлении животных и птицы улучшают их рост и развитие, повышают продуктивность, качество получаемой продукции, воспроизводительную способность и конверсию корма [4, 5, 8, 10, 12, 14-17, 19, 21-23, 25], что следует учитывать при составлении рационов дойных коров.

Вместе с этим трудно переоценить важность для сельскохозяйственных животных содержащихся минеральных веществ в рационах. Поэтому, организуя кормление животных, вместе с другими веществами, определяющими питательность и энергетическую ценность рациона, значительное внимание уделяется также минеральному питанию, хотя минеральные вещества и не имеют энергетической ценности [1, 3].

Современные условия при ведении молочного скотоводства требуют изыскания новых кормовых средств для совершенствования качественного состава рационов, повышения продуктивности коров и эффективности получения молока [13, 18]. Этому также способствует рациональное использование местных кормовых ресурсов [9].

В настоящее время, как и предыдущие годы, большой интерес исследователей и практиков: руководителей и специалистов на предприятиях, вызывает применение в животноводстве натуральных природных источников кормовых минеральных веществ [20].

К таким эффективным природным источникам кормовых минеральных веществ относится бишофит Волгоградского месторождения. Так, применяя данную комплексную кормовую добавку в промышленном свиноводстве, в частности рационах хряков-производителей, получили положительные результаты по количеству и качеству их спермопродукции; показателям воспроизводительных способностей маточного поголовья при осеменении их с использованием спермы таких хряков. При этом улучшились экономические показатели производства [7].

Следует отметить, что применение данной комплексной кормовой добавки в рационах соответствует перспективам развития органического ведения животноводства.

В молочном скотоводстве природный Волгоградский бишофит представляет интерес при введении в рационы для повышения биологической полноценности кормления лактирующих коров, и прежде всего в качестве источника жизненно необходимого (биогенного, биотического) макроэлемента магния. Основу Волгоградского бишофита составляет хлорид магния. Однако в бишофите в меньшем количестве также содержатся и другие минеральные вещества. Поэтому он также отличается содержащимися в нём минеральными элементами: кальцием, натрием, калием, хлором, бромом, молибденом, железом, медью, алюминием, кремнием и другими.

При организации исследований по совершенствованию кормления сельскохозяйственных животных уделяется значительное внимание изучению показателей состава их крови и продуктивных качеств [6, 27]. Исследователями отмечается взаимосвязь показателей крови и продуктивности животных [6].

В связи с вышеизложенным актуальными и важными являются исследования по использованию природного Волгоградского бишофита в технологии производства молока в скотоводстве.

Целью наших исследований являлось определение эффекта от использования бишофита Волгоградского месторождения при кормлении лактирующих коров.

Задачами данного исследования являлись оценка биологической ценности Волгоградского бишофита по морфологическому и биохимическому составу крови лактирующих коров, их молочной продуктивности и качеству молока, расчёт экономической эффективности при использовании этой кормовой добавки в кормлении дойных коров.

Основываясь на экспериментальных результатах, объективно оценить полученные данные по использованию природного Волгоградского бишофита в рационах коров при производстве молока.

Материалы и методы. В научно-хозяйственном опыте использовали двадцать дойных коров породы: красная степная, из которых в равных количествах животных сформировали две группы. Подбирали коров в группы, используя метод, учитывающий

принцип пар-аналогов для подопытных животных. В подборе коров учитывали аналогичность их возраста, живой массы, состояния здоровья, лактации по счёту, молочной продуктивности за предыдущую лактацию, времени отёла, времени осеменения, среднего суточного удоя, содержания жира в молоке. Экспериментальная работа была проведена на особях с началом периода лактации.

Проведение исследования на коровах осуществили в научно-хозяйственном эксперименте в продолжение 195 дней. Предварительный (уравнительный) период эксперимента продолжался двадцать дней, с проверкой аналогичности коров, сформированных в группы, при скармливании обеим группам в основном разработанном рационе кормов и необходимых балансирующих добавок. Различия во время переходного периода эксперимента заключались в том, что в течение семи дней животным группы 1-базового варианта (контроль) также были заданы в основном рационе те же компоненты, а группы 2-экспериментального варианта (опытная) в такой же рацион включали комплексную минеральную добавку: природный Волгоградский бишофит, с постепенным к нему приучением. Главный период опыта составил время в сто пятьдесят три дня, и коровам группы 1-базового варианта (контроль) были заданы в основном рационе те же компоненты, а группам 2-экспериментального варианта (опытная) скармливали бишофит Волгоградского месторождения, восполняя таким образом недостаток до нормы содержания жизненно необходимого (биогенного, биотического) макроэлемента магния в составе основного рациона. Во время заключительного периода эксперимента, с продолжительностью в пятнадцать дней, коровы 1-базового варианта (контроль) в основном рационе получали те же компоненты, а аналогам 2-экспериментального варианта (опытная) был сделан перевод на использование основного рациона без природного бишофита. Эксперимент был проведён с одинаковым содержанием животных всех групп и уходом за ними.

Исследование молочной продуктивности коров было проведено индивидуально от каждого животного в группах, ежедекадно, путём контрольного доения. В полученном молоке, вместе с другими качественными показателями, изучали содержание жира и белка по общепринятым методикам.

Контроль за показателями, дающими характеристику морфологического и биохимического состава крови животных, был выполнен в начале научно-хозяйственного опыта и в конце главного периода данного эксперимента. Его проводили взятием крови у подопытных 10 особей (по пять из обеих групп) из яремной вены в утреннее время, перед их кормлением. Изучая гематологические показатели, выполнили исследование с использованием общепринятых методик.

Данные результатов исследований на коровах были обработаны, с использованием метода вариационной статистики.

Завершая эксперимент, оценку экономической эффективности по использованию в рационе испытуемой комплексной минеральной добавки природный Волгоградский бишофит, рассчитывали по фактическим затратам на содержание лактирующих коров.

Результаты. Во время научно-хозяйственного опыта подопытные коровы обеих групп использовали основные рационы, составленные с учётом детализированных норм кормления РАСХН [11]. Рационы были разработаны на периоды лактации:

- раздоя, который проходил по времени с первыми семьюдесятью тремя днями главного (учётного) периода в научно-хозяйственном опыте;
- после раздоя, который проходил с последующими восьмьюдесятью днями главного периода в опыте.

Рационы в своём составе включали разные компоненты – корма и необходимые балансирующие кормовые добавки. Так, компоненты рациона коров на период раздоя включали (кг): злаковое сено – 2,0; бобовое сено – 3,0; концентраты – 5,53, в частности протеиновые – 1,43; силос – 27,0; кормовую патоку (мелассу) – 1,5 и необходимые кормовые добавки макро- и микроэлементов, препарат витамина D. В данном рационе был выявлен недостаток магния, который компенсировали для группы 2-экспериментального варианта (опытная) введением природного Волгоградского бишофита в количестве 67,5 г в расчёте на одну корову в сутки. По содержанию обменной энергии и питательных веществ рационы в обеих группах не различались, а содержание в них магния для коров контрольной и опытной групп составило, соответственно, 22,88 и 28,0 г. Таким образом, рацион в группе 2-экспериментального варианта был сбалансирован включением Волгоградского бишофита по содержанию жизненно важного макроэлемента магния до нормы кормления.

Компоненты рациона коров после раздоя включали (кг): злаковое сено – 2,0; бобовое сено – 3,0; концентраты – 3,95, в частности протеиновые – 1,05; силос – 27,0; кормовую патоку (мелассу) – 1,0 и необходимые кормовые добавки макро- и микроэлементов, препарат витамина D. В данном рационе также был выявлен недостаток магния, который компенсировали для группы 2-экспериментального варианта (опытная) введением природного Волгоградского бишофита в количестве 69,3 г в расчёте на одну корову в сутки. По содержанию обменной энергии и питательных веществ рационы в обеих группах не различались, а содержание в них магния для коров контрольной и опытной групп составило соответственно 20,75 и 26,0 г. Так, рацион в группе 2-экспериментального варианта был сбалансирован включением Волгоградского бишофита по содержанию жизненно важного макроэлемента магния до нормы кормления.

Научные исследования и практическая работа в животноводстве показывают, что объективно оценивается физиологическое состояние животного и характер обмена веществ в организме, если проводить гематологические исследования. В начале нашего эксперимента и ближе к его завершению, полученные показатели от таких исследований соответствовали физиологической норме.

Данные нашего исследования, полученные перед заключительным периодом в научно-хозяйственном эксперименте, свидетельствовали, что введение в рационы лактирующих коров комплексной минеральной добавки природный Волгоградский бишофит, положительно влияло на показатели состава крови, в частности в ней установлено повышение количества эритроцитов и лейкоцитов. От использования испытуемой комплексной добавки в крови также увеличилась концентрация гемоглобина. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание эритроцитов и гемоглобина у лактирующих коров в крови

Table 1 – The content of erythrocytes and hemoglobin in lactating cows in the blood

Группа	Содержится		
	эритроцитов, $10^{12}/л$	лейкоцитов, $10^9/л$	гемоглобина, г/л
1-базовый вариант (контроль)	$6,22 \pm 0,15$	$7,00 \pm 0,07$	$110,22 \pm 0,62$
2-экспериментальный вариант (опытная)	$6,68 \pm 0,11^*$	$7,44 \pm 0,12^*$	$112,48 \pm 0,54^*$

Примечание: здесь и далее * $P \leq 0,05$

Так, в крови лактирующих коров группы 2-экспериментального варианта (опытная) эритроцитов содержалось больше, чем в группе 1-базового варианта (контроль), на $0,46 \times 10^{12}/л$ (7,40 %; $P < 0,05$), а гемоглобина – на 2,26 г/л (2,05 %; $P < 0,05$). Здесь дан-

ные по увеличению в крови изучаемых показателей в группе 2-экспериментального варианта показывают усиление в работе кроветворных органов и ускорение в их организме окислительно-восстановительных процессов.

Оценивая физиологическое состояние у животных, значительное внимание обращают на содержащиеся в крови лейкоциты. Им свойственна защитная, антитоксическая, транспортная, а также другие важные функции. Резистентность и иммунологическую реактивность организма оценивают с учётом лейкоцитов. Согласно полученным экспериментальным данным, лактирующие коровы группы 2-экспериментального варианта (опытная) были с преимуществом количества лейкоцитов в крови, в сравнении с группой 1-базового варианта (контроль), на $0,44 \times 10^9/\text{л}$ (6,29 %; $P < 0,05$).

При этом необходимо отметить, что повышение в пределах физиологической нормы в крови уровня лейкоцитов у коров группы 2-экспериментального варианта, чем у животных 1-базового варианта, - является положительным фактором. Это связано с тем, что они, как и клетки ретикулоэндотелиальной системы, участвуют в осуществлении фагоцитоза и служат в качестве основного продуцента антител.

Общий белок и его фракции сыворотки крови животных характеризуют интенсивность белкового обмена в их организме. Результаты данных показателей представляют большой интерес в конце главного периода проведённого эксперимента (таблица 2).

Таблица 2 – Уровень общего белка, альбуминов и глобулинов сыворотки крови у подопытных особей, г/л

Table 2 – The level of total protein, albumins and globulins of blood serum in experimental individuals, g/l

Группа	Содержится		
	общего белка	альбуминов	глобулинов
1-базовый вариант (контроль)	$80,20 \pm 0,36$	$34,32 \pm 0,17$	$45,88 \pm 0,46$
2-экспериментальный вариант (опытная)	$81,70 \pm 0,33^*$	$35,15 \pm 0,29^*$	$46,55 \pm 0,27$

Согласно экспериментальным данным, по сравнению с животными группы 1-базового варианта (контроль), дойные коровы группы 2-экспериментального варианта (опытная) в сыворотке крови имели увеличение концентрации по общему белку на 1,50 г/л или 1,87 % ($P < 0,05$). Однако увеличение показателя общего белка в сыворотке крови особей 2-экспериментального варианта здесь характеризуется более интенсивным белковым метаболизмом в организме животных этой группы.

Использование в качестве испытуемого компонента рационов: комплексной минеральной добавки – Волгоградского бишофита, позволило животным группы 2-экспериментального варианта (опытная) иметь увеличение в сыворотке крови содержание альбуминов. По сравнению с аналогами 1-базового варианта: у коров 2-экспериментального варианта содержалось альбуминов в абсолютном выражении выше, чем в контрольной группе, на 0,83 г/л или 2,42 % ($P < 0,05$).

Отметим, что повышение уровня альбуминов в сыворотке крови лактирующих коров группы 2-экспериментального варианта (опытная) свидетельствует о более интенсивных окислительно-восстановительных процессах в организме и указывает на усиление белоксинтезирующей функции печени.

Разницы, считающейся достоверной, между подопытными животными сравниваемых групп по абсолютному содержанию глобулинов в сыворотке крови не установлено, хотя их уровень был выше в группе 2-экспериментального варианта (опытная). Так, коровы этой группы превосходили по абсолютному содержанию глобулинов в сыворотке крови группу 1-базового варианта (контроль) на 0,67 г/л или 1,46 %.

Определяя содержание альбуминовой и глобулиновой фракций сыворотки крови у подопытных коров, установили, что представляет интерес изучение их процентного отношения к общему белку (таблица 3).

Таблица 3 – Процентное отношение к общему белку альбуминовой и глобулиновой фракций сыворотки крови коров

Table 3 – Percentage ratio to the total protein of albumin and globulin fractions of blood serum of cows

Группа животных	Показатель	
	альбуминовая фракция	глобулиновая фракция
1-базовый вариант (контроль)	42,80	57,20
2-экспериментальный вариант (опытная)	43,02	56,98

Так, лактирующие животные группы 2-экспериментального варианта (опытная) имели содержание альбуминов в процентном отношении от общего белка в сыворотке крови выше, по сравнению с группой 1-базового варианта (контроль) на 0,22 %.

При этом белковый индекс сыворотки крови коров группы 1-базового варианта (контроль) составил 0,75, а 2-экспериментального варианта (опытная) - 0,76.

Результаты исследований показали, что особенности состава рационов оказали определённое влияние на концентрацию общего белка и его фракций сыворотки крови животных в сравниваемых группах. Добавка в рацион лактирующих коров природного Волгоградского бишофита способствовала более высокому содержанию общего белка, альбуминов и глобулинов сыворотки крови, чем в контроле, с использованием только основного рациона.

Большое значение имеет также изучение активности в крови наиболее важных аспартат- и аланинаминотрансферазы в связи с характером кормления подопытных лактирующих коров (таблица 4).

Таблица 4 – Данные по активности аминотрансфераз в сыворотке крови подопытных коров ($M \pm m$), ед./л ($n=5$)

Table 4 – Data on the activity of aminotransferases in the blood serum of experimental cows ($M \pm m$), units/l ($n=5$)

Группа	Показатель	
	АСТ	АЛТ
1-базовый вариант (контроль)	47,78 $\pm$ 0,48	28,98 $\pm$ 0,29
2-экспериментальный вариант (опытная)	49,24 $\pm$ 0,30*	30,04 $\pm$ 0,30*

Данные в таблице 4 свидетельствуют о том, что животные группы 2-экспериментального варианта (опытная) в конце главного периода научно-хозяйственного опыта имели показатель активности АСТ более высоким, в сравнении с группой 1-базового варианта (контроль), на 1,46 ед./л (3,06 %; $P < 0,05$), а АЛТ – на 1,06 ед./л (3,66 %; $P < 0,05$).

Следовательно, лактирующие коровы 2-экспериментального варианта (опытная) имели преимущество по уровню АСТ и АЛТ сыворотки крови, по сравнению с животными 1-базового варианта (контроль), что свидетельствует о более высокой интенсивности степени по белковому обмену в организме.

Исследования на дойных коровах сопровождаются изучением важнейших показателей, дающих характеристику их продуктивных качеств. Включение в основной рацион лактирующим коровам комплексной минеральной добавки природный Волгоградский бишофит положительно отразилось на показателях среднесуточных удоев молока и содержащихся в нём жира и белка. Так, за главный период данного эксперимента, у коров группы 2-экспериментального варианта (опытная) средний суточный удой молока увеличился на 1,3 кг (7,74 %; $P < 0,01$), чем у группы 1-базового варианта (контроль).

Лактирующие животные 2-экспериментального варианта (опытная), которым задавали в дополнение к основному рациону изучаемую комплексную природную добавку, имели в среднем содержание жира в молоке выше на 0,05 %, в сравнении с ана-

логами контрольной группы при использовании основного рациона. Характеризуя уровень содержания белка в произведённом молоке коров опытной группы, следует отметить, что данные особи в среднем имели изучаемый показатель выше на 0,02 %, чем животные контрольной группы.

Экономическую оценку результатов выполнили по окончании научно-хозяйственного опыта. Лучшие показатели у коров группы 2-экспериментального варианта (опытная) по надоемному молоку и его жирности, стоимости реализации молока и прибыли нашли отражение на рентабельности его производства: 38,3 %, уровень которой был выше на 11,3 %, чем в контроле.

Обсуждение. Использование в составе рациона лактирующих коров комплексной минеральной добавки природный Волгоградский бишофит выявило её высокую биологическую ценность. У подопытных особей это положительно отразилось на морфологических и биохимических показателях крови, которые соответствовали физиологической норме. По сравнению с группой 1-базового варианта (контроль) в крови коров группы 2-экспериментального варианта (опытная) больше содержалось эритроцитов и гемоглобина, а в сыворотке крови – общего белка, альбуминов и глобулинов. Коровы опытной группы также имели выше активность аминотрансфераз АСТ и АЛТ в сыворотке крови.

Включение в основной рацион дойным коровам опытной группы биологически ценной природной комплексной минеральной добавки Волгоградский бишофит положительно повлияло на важные показатели, характеризующие их молочную продуктивность, а именно средние суточные удои молока и содержащийся в нём жир и белок, которые были выше в среднем на одну особь соответственно на 1,3 кг (7,74 %), 0,05 % и 0,02 %, чем у аналогов контрольной группы, с использованием только основного рациона.

Установлена экономическая эффективность: у лактирующих коров группы 2-экспериментального варианта (опытная), при использовании в рационе испытуемого природного Волгоградского бишофита, с более высоким уровнем рентабельности получения молока на 11,3 %, чем у особей группы 1-базового варианта (контроль).

Выводы. Таким образом, по результатам проведённых исследований установлена высокая биологическая ценность комплексной минеральной добавки природный бишофит Волгоградского месторождения, в рационе лактирующих коров, на основании полученных данных по показателям их морфологического и биохимического состава крови, молочной продуктивности и качеству произведённого молока. У дойных коров, использующих испытуемую природную комплексную добавку, была выявлена лучшая экономическая эффективность производства.

Библиографический список

1. Варакин А. Т., Кулик Д. К., Саломатин В. В. Инновационные технологии повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных при использовании в рационах эффективных кормов и добавок: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. 144 с.
2. Влияние новой кормовой добавки на продуктивность и физиологические показатели молочных коров / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 222-231.
3. Влияние различных уровней меди на гематологические показатели суягных овцематок / Д. Б. Манджиев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 2. С. 47-48.
4. Воспроизводительная способность и состояние рубцового метаболизма коров при разной структуре рационов / А. П. Калашников [и др.] // Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина. 1984. № 11. С. 29.
5. Гайирбегов Д. Ш., Федин А. С. Влияние препарата крезооферана на энергию роста ремонтного молодняка кур-несушек // Эффективное животноводство. 2013. № 5 (91). С. 22-23.

6. Гематологические показатели бычков при введении в рационы селенсодержащих добавок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 209-218.
7. Изменение гематологических показателей хряков-производителей при введении в рацион минеральных добавок / А. Т. Варакин [и др.] // Ветеринария. 2019. № 4. С. 46-49.
8. Источник биологически активных ксантофиллов для яичной продукции / А. А. Шапошников [и др.] // Птицеводство. 2009. № 4. С. 41.
9. Ицкович А. Ю., Варакин А. Т., Ряднов А. А. Использование горчичного белка Сарепта-5 для производства молока // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Вып. 4. С. 76–81.
10. Как эффективно выращивать мясной скот на субальпийских пастбищах в условиях Дагестана / М. М. Садыков [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 31. № 3 (31). С. 63-67.
11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. 3-е изд. перераб. и доп. / под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. М., 2003. 456 с.
12. Оптимизация уровня меди в рационе холостых овцематок / В. С. Зотеев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 2. С. 31-34.
13. Организация полноценного кормления молочных коров Сахалинской области / Г. А. Симонов [и др.] // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции. Солёное Займище: ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. С. 1369-1371.
14. Пастбища и их роль в кормлении молочного скота в условиях Европейского Севера РФ / Е. Тяпугин [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 5. С. 23-24.
15. Переваримость питательных веществ рациона холостыми овцематками в летний период / А. С. Ушаков [и др.] // Эффективное животноводство. 2017. № 6 (136). С. 46-47.
16. Потребность суягных овцематок в меди в условиях аридной зоны России / Е. А. Тяпугин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 50-54.
17. Рыжиковый жмых в комбикормах для лактирующих коров / В. С. Зотеев [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 29-32.
18. Симонов Г. А. Использование комплексной минеральной смеси в кормлении коров // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 1998. № 3. С. 60-61.
19. Симонов Г. А., Тюлебаев Г. К., Нугманов Г. Н. Разведение кроссбредных овец Аксарайского типа // Зоотехния. 2008. № 6. С. 9-12.
20. Симонов Г. А. Использование в рационах кремнеземистого мергеля // Птицеводство. 2009. № 7. С. 31.
21. Симонов Г. А., Гуревич В. И. Тритикале в рационе лактирующих свиноматок // Эффективное животноводство. 2012. № 8 (82). С. 48-49.
22. Ферросил в рационах ремонтного молодняка кур-несушек / Д. Гайирбегов [и др.] // Птицеводство. 2008. № 1. С. 23.
23. Ферросил повышает продуктивность кур-несушек / Д. Гайирбегов [и др.] // Комбикорма. 2015. № 4. С. 62.
24. Экономическая эффективность разных типов кормления бычков в аридной зоне России / М. Ш. Магомедов [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 29. № 1 (29). С. 68-71.
25. Эффективность кормления коров по детализированным нормам / А. П. Калашников [и др.] // Животноводство. 1984. № 9. С. 7-8.
26. Эффективность применения селебена в птицеводстве / И. Яппаров [и др.] // Птицеводство. 2006. № 9. С. 20.
27. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.
28. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. E3S Web of Conf. 22 December 2020. Vol. 222. P. 1-8.

Информация об авторах

Симонов Геннадий Александрович, главный научный сотрудник отдела кормов и кормления сельскохозяйственных животных Вологодского научного центра РАН, Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, 14); доктор сельскохозяйственных наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4559-233X>; E-mail: gennadiy000@mail.ru

Степурина Мария Александровна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3501-4982>; E-mail: marinaserov84@gmail.com

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/00000003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Зотеев Владимир Степанович, профессор кафедры «Зоотехния» Самарского государственного аграрного университета (Россия, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2); доктор биологических наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7853-4569>; E-mail: Vladimir.zoteev@yandex.ru

Симонов Александр Геннадьевич, доцент Российского университета дружбы народов (Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6); кандидат экономических наук, доцент; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8497-9564>

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Россия, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9); E-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-31

SOME BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SHEEP OF VARIOUS ORIGINS**N. G. Chamurliiev¹, Y. A. Kolosov², A. S. Degtyar², T. S. Romanets²**¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*²*Don State Agrarian University, Rostov region, Oktyabrsky district, v. Persianovsky*

Received 02.04.2022

Submitted 06.05.2022

Summary

The article presents experimental data characterizing the natural resistance and hematological parameters of the blood of merino sheep obtained in various mating variants.

Abstract

Introduction. The basis of the development of the organism is not only quantitative, but also qualitative characteristics (morphological composition of blood, metabolism, resistance, etc.), which determines the productivity of the animal. **Materials and methods.** Scientific and production experiments were conducted on the basis of the Limited Liability Company «Belozernoye» of the Salsky district of the Rostov region. 4 bright groups were formed: 1 - control, purebred animals of the Salsk breed (SA); 2 - two-breed bright (1/2 C x 1/2 C); 3 - two-breed bright (1/2 C x 1/2 C); 4 - three-breed bright (1/4 C + 1/4 C + 1/2 C). Hematological parameters were determined in females at the age of 4 months, using generally accepted methods of analysis. **Results and conclusion.** When examining the blood, it was found that all hematological parameters were within the normal range, which indicates the clinical health of the experimental young. A comparative study of the indicators of humoral protection factors showed that the serum of crossbred yarok obtained with the use of sheep-producers of the Dzhalginsky merino breed had higher bactericidal, lysozyme and phagocytic activity, compared with purebred peers. At the same time, in the studied groups, an increased number of red blood cells in the blood and their maximum saturation with hemoglobin were noted, respectively, the body's resistance is better and the high potential of productive qualities of animals are also higher.

Keywords: *sheep, leukocytes, erythrocytes, hemoglobin, resistance, total protein.*

Citation. Chamurliiev N. G., Kolosov Yu. A., Degtyar A. S., Romanets T. S. Some biological characteristics of sheep of various origins. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.*, 2022. 2(66). 247-253 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-31.

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 636.32/.38.033

НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОВЕЦ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Н. Г. Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Ю. А. Колосов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. С. Дегтярь², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Т. С. Романец², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Донской государственный аграрный университет, Ростовская область,
Октябрьский район, п. Персиановский

Дата поступления в редакцию 02.04.2022

Дата принятия к печати 06.05.2022

Актуальность. Маркерами состояния организма и уровня обменных процессов животного являются клинические и биохимические показатели, определяемые посредством общего и биохимического анализа крови, а также уровень факторов резистентности. Их совокупность может использоваться для определения потенциала продуктивности.

Материалы и методы. Научно-производственные опыты проводились на базе ООО «Белозерное» Сальского района Ростовской области. Было сформировано 4 группы ярок: 1 - контрольная, чистопородные животные сальской породы (СА); 2 - двухпородные ярки (1/2СА х 1/2СТ); 3 - двухпородные ярки (1/2СА х 1/2ДЖ); 4 - трехпородные ярки (1/4СА+1/4СТ+1/2ДЖ). Гематологические показатели определяли у ярок в возрасте 4 месяца, используя при этом общепринятые методы анализа. **Результаты и заключение.** При исследовании крови установлено, что все гематологические показатели находились в пределах нормы, что говорит о клиническом здоровье подопытного молодняка. Сравнительное изучение показателей гуморальных факторов защиты свидетельствовало, что сыворотка помесных ярок, полученных с использованием баранов-производителей породы джалгинский мерин, обладала более высокой бактерицидной, лизоцимной и фагоцитарной активностью, по сравнению с чистопородными сверстницами. При этом в исследуемых группах отмечено повышенное количество эритроцитов в крови и максимальная их насыщенность гемоглобином, соответственно резистентность организма лучше и высокие потенциальные возможности продуктивных качеств животных также более высоки.

Ключевые слова: чистопородные овцы, помесные овцы, показатели крови овец, обмен веществ овец.

Цитирование. Чамурлиев Н. Г., Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Романец Т. С. Некоторые биологические характеристики овец различного происхождения. *Известия НВАУК*, 2022. 2(66). 247-253. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-31.

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. Биологические особенности живого организма определяются наследственностью и характеризуются определенным типом обмена веществ, что формирует продуктивность животного. Сравнительная оценка биологических

параметров организма чистопородных и помесных овец, особенно новых породных сочетаний, представляет интерес как для зоотехнической науки с позиций объяснения механизмов формирования более высоких или низких уровней резистентности и продуктивности, так и для практики с целью оставления для дальнейшего воспроизводства более жизнеспособных особей. Показателями скорости и уровня основного обмена веществ, а также интенсивности окислительно-восстановительных процессов в организме животных является ряд интерьерных и клинических показателей [3, 4, 8]. Основываясь на этих тезисах, мы определили цель – сравнить естественную резистентность, морфологию и биохимию крови, а также основные клинические показатели у молодняка овец различного происхождения. Исследования этих показателей в рамках указанных породных сочетаний проводятся впервые.

Материалы и методы. Научно-производственные опыты по изучению естественной резистентности молодняка овец проводились в племенном заводе по сальской породе овец «Белозерное», расположенном в сухостепной зоне Ростовской области. Объектом исследования служили ярки, полученные от разных вариантов спаривания, в возрасте 4 месяцев. Подопытные группы формировались с учетом генотипа, возраста и пола: 1 группа – чистопородные ярки сальской породы; 2 группа – помеси, полученные от маток сальской породы и баранов-производителей ставропольской породы; 3 группа – помеси, полученные от маток сальской породы и баранов-производителей породы джалгинский меринос; 4 группа – помеси, полученные от двухпородных маток $\frac{1}{2}$ сальская+ $\frac{1}{2}$ ставропольская и баранов-производителей породы джалгинский меринос. Во время эксперимента подопытные животные содержались в идентичных условиях и получали одинаковый рацион питания.

Естественную резистентность овец оценивали по таким показателям, как фагоцитарная (ФАК), бактерицидная (БАСК) и лизоцимная (ЛАСК) активность сыворотки крови. Для этого взяли кровь из яремной вены у пяти ярок из каждой группы и в течение 36 часов с момента забора крови методом центрифугирования получили сыворотку крови. Бактерицидную активность определяли посредством измерения оптической плотности мясо-пептонного бульона с добавленной в него испытуемой сыворотки, при росте в нем кишечной палочки (*E. Coli*, серотип O₂). Аналогично оценивали лизоцимную активность СК, но после внесения в бульон суточной культуры *Micrococcus lysodeicticus*. Для определения ФАК рассчитали долю активных лейкоцитов, участвовавших в фагоцитозе, к общему числу нейтрофильных лейкоцитов. Золотистый стафилококк в этом случае явился тест-микробом.

Для определения общего белка, содержания альбуминов и глобулинов в крови подопытных животных использовали традиционные в ветеринарной практике методы анализа. Количество эритроцитов и лейкоцитов определяли в счетной камере с сеткой Горяева. Уровень гемоглобина в крови животных определяли гемометром ГС-3 по методу Сали.

Количество дыхательных движений в минуту у овец отслеживали по движению грудной клетки, измерение пульса проводили методом пальпации, температуру тела определяли ректально, используя электронный градусник.

Результаты и обсуждение. Резистентность рассматривается как способность организма поддерживать внутриорганизменный гомеостаз, специфический для каждого возрастного периода. Сохранность молодняка овец после завершения периода содержания под овцематками (4 месяца) в решающей степени зависит от естественной резистентности, сформированной за период молочного питания. Многие ученые отмечают в своих работах более высокие показатели естественной резистентности у помесных животных [1, 2, 5, 6, 7].

Установленные в ходе эксперимента характеристики параметров иммунитета у подопытных ярок, приводятся ниже (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели естественной резистентности ярок, %

Table 1 – Indicators of natural resistance of bright, %

Показатели / Indicators	Группы / Groups			
	1	2	3	4
БАСК	37,65±0,79	38,27±0,86	38,86±0,57	39,07±0,64
ЛАСК	27,46±0,51	28,34±0,54	28,91±0,42	29,34±0,47
ФАК	31,34±0,52	34,78±0,76	35,17±0,98	35,62±0,56

Данные, полученные в ходе анализа установленных параметров иммунитета организма подопытных животных, указывают на превосходство ярок, полученных с использованием генетических ресурсов пород ставропольская и джалгинский меринос.

Превосходство иммунного статуса организма отмечено нами у ярок 2, 3 и 4 опытных групп, содержащих в своём генотипе различные комбинации наследственных задатков сальской, ставропольской и джалгинский меринос пород по сравнению с группой чистопородного молодняка (контроль). Превышение параметров иммунитета у овец с комбинированным генотипом по бактерицидной активности сыворотки крови было выше, чем в контроле – на 1,7; 3,2 и 3,8% соответственно ($P>0,95$), по лизоцимной активности превосходство незначительно возросло, до 3,2; 5,3 и 6,9 % ($P>0,95$) и наиболее достоверным превосходство было по фагоцитарной активности крови – 11,0; 12,2 и 13,7 % ($P>0,99$).

Изучением уровня белковых веществ, содержащихся в сыворотке крови с.-х. животных, с целью выявления механизмов обмена веществ и темпов роста, занимались многие отечественные и зарубежные ученые [9, 12], благодаря чему было установлено, что белковые компоненты крови наиболее активно регулируют течение метаболических процессов в организме. Эти функции они выполняют посредством участия в синтезе ферментов и гормонов, перемещении минеральных веществ, определении статуса организма в сфере неспецифической и иммунологической реактивности. В процессе индивидуального развития овец и под воздействием различных факторов окружающей среды организм животного претерпевает микроэволюцию, в результате чего белки крови вступают в физиологические реакции модификации и образуют надмолекулярные комплексы. Определяющее влияние на степень этих изменений оказывают генетические факторы конкретного организма. Отсюда можно сделать заключение о том, что определение белкового спектра крови имеет большое значение при оценке биологических особенностей организма (таблица 2).

Анализ белкового обмена показал, что у ярок всех групп уровень общего белка находился в пределах нормы, ближе к верхней её границе, при этом наибольший показатель установлен в 4 группе трехпородных ярок – 72,5 г/л, что на 2,7 % выше, чем в контрольной группе сальских ярок. Различия между сальско-ставропольскими и сальско-джалгинскими ярками из 2 и 3 групп были незначительны и находились на уровне 0,8 % в пользу 2 группы.

Фракционный состав белка крови позволяет судить о нюансах физиологического состояния организма. Оценка общего количества альбуминов выявила превосходство ярок из 4 группы, которые имели превосходство над молодняком 1 группы на 3,6 % и над сверстницами из 2 и 3 групп на 2,8 и 2,2 % соответственно. По уровню содержания глобулиновой фракции белков крови у овец сравниваемых групп существенных различий установлено не было.

Таблица 2 – Морфологические и биохимические показатели крови ярок

Table 2 – Morphobiochemical parameters of the blood of the testicles

Показатели / Indicators	Группы / Groups				
	1	2	3	4	норма / the norm
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	70,57±0,18	71,31±0,15	71,88±0,14	72,47±0,13	60-75
Альбумины, % / Albumins, %	41,97±0,17	42,29±0,18	42,52±0,19	43,47±0,13	35-50
Глобулины, % / Globulins, % в том числе: / including:	58,03±0,19	57,71±0,18	57,48±0,18	57,53±0,17	40-77
α-глобулины / α-globulins	16,83±0,11	16,74±0,14	16,67±0,13	16,68±0,12	13-20
β-глобулины / β-globulins	9,87±0,09	9,81±0,15	9,77±0,14	9,78±0,10	7-11
γ-глобулины / γ-globulins	30,76±0,23	30,59±0,19	30,46±0,27	30,49±0,31	20-46
Белковый индекс / Protein index	0,723	0,733	0,740	0,738	0,88-0,65
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	106,3±0,75	112,1±0,53	112,5±0,67	116,1±0,75	90-150
Эритроциты, 10 ¹² /л / Red blood cells, 10 ¹² /l	9,24±0,18	9,81±0,27	10,11±0,34	10,38±0,36	9-15
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / Leukocytes, 10 ⁹ /l	8,87±0,36	8,96±0,27	9,07±0,43	9,12±0,28	4-12

Эритроциты служат одним из основных маркеров жизненного тонуса организма и динамики метаболизма. Лабораторный анализ позволил установить, что в составе крови овец улучшенных генотипов было достоверно большее количество красных клеток крови на 6,2 ($P>0,95$); 9,4 и 12,3 % ($P>0,999$) по сравнению с чистопородными ярами, что также дополняет картину причин превосходства этих сочетаний в геноме.

Интенсивность дыхательной функции крови взаимосвязана с активностью обменных процессов в организме. Одним из основных индикаторов динамики дыхательной функции крови является уровень гемоглобина в эритроцитах. В результатах анализов, полученных нами в лабораторных исследованиях, было выявлено, что уровень содержания гемоглобина, который связан в том числе и с уровнем эритроцитов, был более высоким у ярок с комбинированным геномом. Превосходство над контролем опытных 2, 3 и 4 групп составило 5,5; 5,8 и 9,2% при высоком уровне достоверности разницы ($P>0,999$).

Показателем реактивной способности организма, которая возникает при воздействии таких внешних факторов среды, как кормление, содержание и иные не связанные с заболеваниями причины, является уровень лейкоцитов. Поэтому оценка этого показателя для наших исследований также имела значение. Анализы позволили определить, что у двух- и трехпородных ярок уровень наличия белых кровяных клеток в анализируемых образцах был на 1,0; 2,3 ($P<0,95$) и 2,8 % ($P>0,95$) соответственно выше, чем у чистопородных. При этом необходимо подчеркнуть важный факт, что изменения содержания форменных элементов и гемоглобина крови у подопытных животных, хотя в отдельных случаях и имели достоверные различия, варьировали в пределах физиологической нормы для овец.

Состояние комфорта организма или наличие нежелательных внешних раздражителей, которые могут проявляться при неэффективном сочетании наследственных задатков для конкретных территорий или условий содержания, можно оценить у животных опосредованно, через отклонения параметров гомеостаза [10, 11]. К индикаторам относятся такие интерьерные показатели, как: температура тела, частота дыхания и частота сердечных сокращений. Результаты оценки физиологического состояния ярок различного происхождения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Физиологические показатели ярков

Table 3 – Physiological indicators of bright

Показатели / Indicators	Группы / Groups			
	1	2	3	4
Частота дыханий в 1 мин / Breathing rate in 1 min	36,9±0,37	35,1±0,39	36,2±0,28	34,1±0,42
Частота пульса, ударов в 1 мин / Pulse rate, beats per 1 min	91,3±0,79	88,5±0,81	89,8±0,56	86,2±0,67
Температура тела, °C/ Body temperature, °C	39,41±0,11	39,43±0,4	39,40±0,7	39,43±0,13

Анализ представленных данных указывает на преимущество ярков 4 группы, полученных от сальско-ставропольских маток и использования генетического материала породы джалгинский меринос. Так, средняя частота дыхания животных этой группы была ниже, чем в контроле, на 8,2 %, чем во второй и третьей группах, на 2,9 % и 6,2 % соответственно. Двухпородные ярки из 2 группы также отличались более спокойным дыханием по сравнению со сверстницами из 1 группы, – на 5,1 %. Минимальные различия по данному показателю, на уровне 1,9 %, установлены между 1 и 3 группой.

Частота пульса, или количество сердечных сокращений в минуту, зависит от возраста и, особенно у молодняка, варьирует в достаточно широких пределах. Идентичность условий содержания позволяет нам сравнивать животных различных генетических сочетаний в конкретных, традиционных для сальской породы условиях содержания. В этих условиях у помесных ярочек средний анализируемый показатель был несколько меньше, чем у чистопородных животных из контрольной группы. Однако разница между группами была в пределах статистической погрешности. Средняя температура тела ярочек, полученных при разных вариантах подбора, а также её вариабельность у одельных особей были в пределах физиологической нормы.

Выводы. Из полученных данных следует, что более высокие показатели естественной резистентности, морфологических и биохимических характеристик крови, а также некоторых клинических характеристик установлены в третьей и четвертой группах подопытных ярков, что можно квалифицировать, как проявление гетерозиса. Морфологические и клинические показатели во всех подопытных группах зафиксированы в пределах физиологической нормы, однако в 3 и 4 группах их уровень смещён к её верхней границе. Таким образом, экспериментально доказана эффективность формирования комбинации генетических ресурсов, объединяющих генофонд пород джалгинский меринос, сальских и ставропольская, которая обеспечивает повышение естественной резистентности и способствует интенсификации обмена веществ у полученного потомства, о чем свидетельствуют гематологические характеристики подопытных животных.

Библиографический список

1. Абонеев В. В. Гистологическое строение кожи и характеристика рун молодняка овец различного происхождения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 180-191.
2. Гаглоев А. Ч., Негреева А. Н., Щугорева Т. Э. Влияние генотипа на состав и свойства жира у баранчиков // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 1. С. 137-144.
3. Гаглоев А. Ч. Влияние генотипа на формирование мясной продуктивности овец // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.
4. Гаглоев А. Ч., Негреева А. Н., Мусаев Ф. А. Использование подбора овец для улучшения питательной ценности баранины // Аграрная наука. 2021. № 11-12. С. 63-67.

5. Казанчев С. Ч. Формирование мясной продуктивности овец в зависимости от технологии их выращивания // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 22-26.
6. Колосов Ю. А. Воспроизводительные качества меринсовых овцематок и рост ягнят в подсосный период при скрещивании с баранами породы дорпер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 179-185.
7. Колосов Ю. А. Особенности зонального размещения Донского овцеводства и козоводства // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 205-214.
8. Колосов Ю. А. Особенности зонального размещения Донского овцеводства и козоводства // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 205-214.
9. Третьякова О. Л., Кагермазов Ц. Б., Гетоков О. О. Система управления селекционной работой в животноводстве // Аграрная Россия. 2020. № 5. С. 29-32.
10. Фейзуллаев Ф. Р. Эффективность производства баранины при убое мясного контингента овец в разном возрасте // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 1. С. 32-35.
11. Филатов А. С. Взаимосвязь гематологических показателей и динамики живой массы баранчиков разных генотипов // Аграрный научный журнал. 2020. № 4. С. 64-67.
12. Филатов А. С. Динамика живой массы и мясная продуктивность баранчиков разных генотипов // Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 2 (10). С. 32-42.

Информация об авторах

Чамурлиев Нодари Георгиевич, профессор кафедры частной зоотехнии Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>. E-mail: zootexnia@mail.ru

Колосов Юрий Анатольевич, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. П.Е. Ладана Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID 0000 0002 6826 8009. E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Дегтярь Анна Сергеевна, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. П.Е. Ладана Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: annet_c@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0749-5558>

Романец Тимофей Сергеевич, ст. преподаватель кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. П.Е. Ладана Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: timofey9258@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0690-4217>

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-32

EXTERIOR CHARACTERISTICS OF HOLSTEIN COWS IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN TRANS-URALS

O. M. Sheveleva¹, M. A. Svezhenina¹, S. F. Sukhanova², I. Y. Danilenko³

¹*Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen*

²*Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan region, s. Lesnikovo*

³*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 02.03.2022

Submitted 13.05.2022

Summary

An exterior assessment of Holstein cattle was made. The results of the assessment are presented. The parameters of selection of cows of the first lactation are proposed.

Abstract

Introduction. The assessment of the exterior is related to the indicators of productivity and longevity of cows. The purpose of our work was to evaluate the herd of cattle of the Holstein breed and to develop parameters for the selection of cows of the first lactation by exterior characteristics. **Materials and methods.** The object of the study is Holstein cows. The animals were measured using measuring instruments (measuring stick, measuring tape, measuring compass). The measurements obtained were compared with the measurements recommended by the methodology for conducting tests for distinctness, uniformity and stability (OOS) (1996). On the basis of measurements of the body of animals, the indices of physique are calculated. The assessment of the exterior of the animals was carried out linearly according to the A and B system. A total of 100 cows were evaluated. The research results were processed biometrically according to the method of N.A. Plokhinsky, 1970. The processing was carried out using the Microsoft Excel software package. **Results and conclusions.** Cows of the first and third and older lactation were characterized by the standard growth for the Holstein breed (+1.6 points for cows of 1 lactation and +1.3 points to the optimal indicator), had an insufficiently wide chest, the width of the chest is less than the recommended parameters by 9.6-9.8%, but at the same time it is deep enough, short sacrum (length less by 1.2 – 2.1%), but wide enough (+1.4 – +2.6 %). Dairy forms in cows are well developed (+0.9 and +1.1 points), narrow (-0.5 and -0.3 points), the hind limbs are correctly placed with an acute angle of the hooves (-0.5 points in first-born heifers and -0.7 points in full-aged animals). The udder of cows is tightly attached in cows (+0.3 points and +0.2 points), with shortened anterior lobes (-0.7 points and -0.2 points for age groups, respectively), the posterior lobes are high (+1.2 +0.8 points) slightly closer (-0.7 and -0.5 points). The udder is glandular. The analyzed number of animals has good exterior characteristics, with further individual selection it is necessary to be guided by the proposed parameters, and also pay attention when selecting bulls to their exterior characteristics and transmitting ability to daughters of body type.

Keywords: cows, exterior, measurements, indexes, linear estimation

Citation. Sheveleva O. M., Svyazennina M. A., Sukhanova S. F., Danilenko I. Y. Exterior characteristics of Holstein cows in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2 (66). 253-262 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-32.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data, and wrote a manuscript.

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

УДК 636.2.034.082.2

ЭКСТЕРЬЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

О. М. Шевелёва¹, доктор сельскохозяйственных наук
М. А. Свеженина¹, доктор сельскохозяйственных наук
С. Ф. Суханова², доктор сельскохозяйственных наук
И. Ю. Даниленко³, ассистент

¹ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

²ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева,
Курганская область, с. Лесниково

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 02.03.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

Актуальность. Оценка экстерьера связана с показателями продуктивности и долголетия коров. Цель нашей работы заключалась в оценке стада крупного рогатого скота голштинской породы и разработке параметров для отбора коров первой лактации по экстерьерным признакам. **Материалы и методы.** Объект исследования – коровы голштинской породы. Измерения животных произведены при помощи измерительных инструментов (мерная палка, мерная лента, мерный циркуль). Полученные промеры сравнивались с промерами, рекомендованными методикой проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС) (1996

г.). На основании измерений тела животных вычислены индексы телосложения. Оценка экстерьера животных производилась линейно по системе А и Б. Всего было оценено 100 коров. Результаты исследований обработаны биометрически по методике Н. А. Плохинского, 1970. Обработка проведена при использовании программного пакета Microsoft Excel. **Результаты.** Коровы характеризовались стандартным для голштинской породы ростом (+1,6 балла у коров 1 лактации и +1,3 балла к оптимальному показателю), имели недостаточно широкую грудную клетку, ширина грудной клетки меньше рекомендованных параметров на 9,6-9,8 %, но достаточно глубокую, короткий крестец (длина меньше на 1,2-2,1 %), но достаточно широкий (+1,4-2,6 %). Молочные формы у коров хорошо развиты (+0,9 и +1,1 балла), задние конечности правильно поставлены с острым углом копыт (-0,5 балла у первотелок и -0,7 балла у полновозрастных животных). Вымя у коров плотно прикреплено к туловищу (+0,3 балла и +0,2 балла), с укороченными передними долями (-0,7 балла и -0,2 балла по возрастным группам соответственно), задние доли высоко расположены (+1,2 и +0,8 балла) немного сближены (-0,7 и -0,5 балла). Вымя железистое. Анализируемое поголовье животных имеет хорошие экстерьерные признаки, при дальнейшем индивидуальном отборе необходимо руководствоваться предложенными параметрами, а также обратить внимание при подборе быков на их экстерьерные признаки и передающую способность дочерям типа телосложения.

Ключевые слова: экстерьер коров, промеры экстерьера коров, индексы телосложения коров, линейная оценка коров, голштинская порода КРС.

Цитирование. Шевелёва О. М., Свяженина М. А, Суханова С. Ф., Даниленко И. Ю. Экстерьерная характеристика коров голштинской породы в условиях Северного Зауралья. *Известия НВ АУК.* 2022. 2 (66). 253-262. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-32.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основным направлением современного молочного скотоводства является интенсификация отрасли [2, 13], поэтому селекционная работа со стадом имеет большее значение для повышения уровня продуктивности крупного рогатого скота [3]. Наряду с продуктивностью крупного рогатого скота для повышения экономической эффективности молочного скотоводства огромное значение имеет экстерьерная оценка коров и оценка быков-производителей по типу телосложения дочерей [4]. При оценке экстерьера используется несколько методов, один из методов оценки скота – линейное описание экстерьера. Сельскохозяйственные предприятия, используя результаты оценки, получают дополнительный материал для селекционной работы со стадом, кроме того, по полученным данным можно провести оценку быков по экстерьеру их дочерей, отобрать животных в селекционное ядро [5, 6]. Следовательно, применение линейной системы оценки позволяет увеличить молочную продуктивность коров и продолжительность их хозяйственного использования. Ряд авторов установил взаимосвязь экстерьерной оценки с продуктивными признаками и наследуемость экстерьерных признаков [1, 8].

Цель нашей работы заключалась в оценке стада крупного рогатого скота голштинской породы и разработке параметров для отбора коров первой лактации по экстерьерным признакам.

Задачи исследований:

1. Оценить коров голштинской породы по промерам и индексам телосложения. Провести сравнение полученных результатов с методикой проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Крупный рогатый скот (1996).

2. Провести линейную систему оценки экстерьера коров, разработать оптимальные параметры для отбора коров первой лактации.

Материалы и методы. Исследования проведены в Заводоуковском районе Тюменской области в 2020 году. Объект исследования коровы голштинской породы первой лактации и полновозрастные. Измерения животных произведены при помощи измерительных инструментов (мерная палка, мерная лента, мерный циркуль). Были взяты следующие промеры: высота в холке и крестце, ширина груди, глубина груди, обхват груди, длина крестца, ширина в маклоках, косая длина туловища, обхват пясти. Полученные промеры сравнивались с промерами, рекомендованными «Методикой проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Крупный рогатый скот (ООС)» (1996 г.). На основании измерений тела животных вычислены индексы телосложения: длинноногости, растянутости, тазо-грудной, грудной, сбитости, перерослости, костистости. Проведена система линейной оценки экстерьера коров по системе А и Б. Всего проведено измерение и оценка 50 коров первой лактации и 50 коров полновозрастных. При проведении линейной оценки были отмечены основные недостатки экстерьера коров. Результаты исследований обработаны биометрически по методике Н. А. Плохинского, 1970. Обработка проведена при использовании программного пакета Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. С учетом того, что объективным показателем оценки экстерьера являются промеры туловища, мы провели сравнительную оценку промеров туловища коров в возрастном аспекте и сравнили полученные данные с методикой на отличимость, однородность и стабильность. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Промеры туловища коров разного возраста, ($X \pm Sx$), см

Table 1 – Body measurements of cows of different ages, ($X \pm Sx$), cm

Промер	ООС для голштинской породы	1 лактация	3 лактация и старше
Высота в холке	более 136	$135,9 \pm 0,57$	$137,8 \pm 0,91$
Высота в крестце	более 142	$142,7 \pm 0,85$	$142,3 \pm 0,76$
Ширина груди	более 47	$42,5 \pm 0,50$	$42,4 \pm 1,15$
Глубина груди	более 71	$73,9 \pm 0,37$	$75,3 \pm 0,68$
Обхват груди	более 195	$192,7 \pm 1,01$	$195,2 \pm 2,32$
Длина крестца	более 52	$50,9 \pm 0,28$	$51,4 \pm 0,40$
Ширина в маклоках	более 50	$50,7 \pm 0,55$	$51,3 \pm 0,95$
Косая длина туловища	более 165	$162,7 \pm 1,11$	$167,0 \pm 1,53$
Обхват пясти	16 – 19	$19,0 \pm 0,10$	$18,8 \pm 0,23$

При сравнении коров разного возраста отмечается отсутствие достоверной разницы в величине промеров, то есть животные уже к первой лактации практически полностью завершили свой рост, что в целом характерно для скороспелой голштинской породы. При этом животные обеих возрастных групп характеризуются однородностью в развитии, так как показатели вариабельности промеров характеризуются низкой изменчивостью 2,5-7,1 % у коров 1 лактации и 1,8-9,0 % у полновозрастных животных, то есть в обоих случаях изменчивость признаков не превышает 10 процентов.

Как молодые, так и полновозрастные коровы характеризовались стандартным для голштинской породы ростом, высота в крестце у них практически не отличались от минимально допустимой величины, рекомендованной методикой ООС. Необходимо отметить, что животные сформировались с недостаточно широкой грудной клеткой, ширина грудной клетки меньше рекомендованных параметров на 9,6-9,8 %, но при этом она достаточно глубокая, по промеру глубина груди превышает рекомендованные параметры для породы на 4,1-6,1 %. Обхват груди почти совпадает с минимальными требованиями, рекомендованными для породы.

Животные имеют короткий крестец (длина меньше на 1,2-2,1 %), но достаточно широкий (+1,4-2,6 %). Развитие костяка (обхват пясти) соответствует минимальным требованиям ООС как у первотелок, так и у взрослых коров.

Индексная оценка телосложения позволяет оценить гармоничность развития животных, их соответствие продуктивному типу (таблица 2).

Таблица 2 – Индексы телосложения коров разного возраста ($X \pm Sx$), %

Table 2 – Body indexes of cows of different ages ($X \pm Sx$), %

Индекс, %	ООС для голштинской породы	1 лактация	3 лактация и старше
Длинноногости	$\approx 47,8$	$45,6 \pm 0,27$	$45,4 \pm 0,39$
Растянутости	$\approx 121,3$	$119,7 \pm 0,80$	$121,3 \pm 1,35$
Тазо-грудной	$\approx 94,0$	$84,2 \pm 1,05$	$82,7 \pm 2,16$
Грудной	$\approx 66,2$	$57,6 \pm 0,74$	$56,3 \pm 1,30$
Сбитости	$\approx 118,2$	$118,6 \pm 0,94$	$117,0 \pm 2,00$
Перерослости	$\approx 104,4$	$104,9 \pm 0,39$	$103,3 \pm 0,51$
Костистости	11,8 – 14,0	$13,9 \pm 0,08$	$13,7 \pm 0,13$

Сравнение с рекомендуемыми показателями для породы указывает на наличие некоторых особенностей телосложения у коров как 1 лактации, так и полновозрастных. Так для них характерны уменьшение длинноногости (–2,2-2,4 %), грудного (–8,6-9,9 %) и тазо-грудного индексов (–9,8-11,3 %), что объясняется, в том числе, и своеобразной овальной формой грудной клетки, которая более развита в глубину и менее в ширину. При этом животные первой лактации характеризуются несколько укороченным туловищем (–1,6 %), а старшего возраста менее компактным (–1,2 %) туловищем, хорошо развитым костяком (+1,9-2,1 % от минимального значения) и незначительной перерослостью (+0,5 %) у первотелок, что характерно для особей, в основном закончивших свой рост.

Изменчивость индексных оценок, как и промеров, невелика: 2,3-7,8 % у коров 1 лактации и 1,7-8,7 % у коров старшего возраста, то есть животные однотипны и одинаково реагируют на внешние воздействия. Следовательно, при корректировке экстерьерных показателей проведение отбора только внутри стада не даст быстрых изменений, требуется активное воздействие на генетические факторы при подборе производителей.

Так как стадо голштинской породы, то, помимо измерения животных, проведена их линейная оценка, результаты которой представлены в таблице 3.

Линейная методика частично основывается на промерах животных, поэтому прослеживается взаимосвязь между линейной оценкой и промерами [9]. Так, необходимо отметить: высокий рост животных (+1,6 балла у коров 1 лактации и +1,3 балла к оптимальному показателю 5,0), снижение крепости телосложения (–0,6 балла), хорошо выраженные молочные формы (+0,9 и +1,1 балла), узковатый (–0,5 и –0,3 балла) и слегка свислый зад (+0,1 и +0,2 балла), задние конечности правильно поставлены с немного острым углом копыт (–0,5 балла у первотелок и –0,7 балла у полновозрастных животных).

Вымя у коров плотно прикреплено (+0,3 балла и +0,2 балла), со слегка укороченными передними долями (–0,7 балла и –0,2 балла по возрастным группам соответственно), задние доли высоко расположены (+1,2 и +0,8 балла) немного сближены (–0,7 и –0,5 балла). Вымя железистое, на что указывает относительно хорошее развитие борозды вымени (–0,3 и –0,1 балла), высоко подвешено (+1,7 и +1,4 балла). Передние соски расположены достаточно близко (+1,1 и +0,9 от оптимального балла), но это в целом характерно для голштинского скота, длина сосков почти оптимальна (–0,1 и +0,1 балла).

Таблица 3 – Линейная оценка (система А) коров разного возраста ($X \pm Sx$)

Table 3 – Linear assessment (system A) of cows of different ages ($X \pm Sx$)

Признак, балл	1 лактация	3 лактация и старше
Рост	$6,6 \pm 0,19$	$6,3 \pm 0,21$
Глубина туловища	$4,9 \pm 0,13$	$5,0 \pm 0,22$
Крепость телосложения	$4,4 \pm 0,11$	$4,4 \pm 0,16$
Молочные формы	$5,9 \pm 0,09$	$6,1 \pm 0,14$
Длина крестца	$4,8 \pm 0,15$	$5,1 \pm 0,24$
Положение таза	$5,1 \pm 0,15$	$5,2 \pm 0,21$
Ширина таза	$4,5 \pm 0,12$	$4,7 \pm 0,18$
Обмускуленность	$4,2 \pm 0,11$	$4,2 \pm 0,19$
Постановка задних ног	$4,9 \pm 0,10$	$5,0 \pm 0,17$
Угол копыт	$4,5 \pm 0,13$	$4,3 \pm 0,23$
Прикрепление передних долей	$5,3 \pm 0,15$	$5,2 \pm 0,23$
Длина передних долей	$4,3 \pm 0,15$	$4,8 \pm 0,28$
Высота задних долей	$6,2 \pm 0,13$	$5,8 \pm 0,25$
Ширина задних долей	$4,3 \pm 0,15$	$4,5 \pm 0,31$
Борозда вымени	$4,7 \pm 0,14$	$4,9 \pm 0,25$
Положение дна вымени	$6,7 \pm 0,08$	$6,4 \pm 0,15$
Расположение передних сосков	$6,1 \pm 0,10$	$5,9 \pm 0,24$
Длина сосков	$4,9 \pm 0,11$	$5,1 \pm 0,22$

В целом необходимо отметить, что большинство величин показателей линейной оценки системы А в пределах 4 – 6 баллов, что считается нормальным, поэтому можно говорить о хорошем развитии коров разного возраста. Кроме того, вариация показателей у животных оцененных групп относительно невысокая для линейных признаков данной системы и колеблется в пределах 9,1-26,0 % у коров 1 лактации и 10,4-32,0 % у коров старшего возраста.

Линейная система А дополняется характеристикой недостатков, выявленных в стаде. Перечень недостатков и частота их представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Частота встречаемости недостатков у коров разного возраста, %

Table 4 – The frequency of occurrence of deficiencies in cows of different ages, %

Недостаток	1 лактация	3 лактация и старше
Крыловидная лопатка	1,8	-
Провислая спина	1,8	-
Горбатая спина	5,5	9,1
Провислая поясница	1,8	-
Крышеобразный крестец	5,5	-
Слабые бабки	1,8	9,1
Сближены с запястных суставах	1,8	-
Ноги сближены в скакательных суставах	10,9	4,5
Широкая межкопытная щель	10,9	4,5
Боковая борозда вымени	4,5	9,1
Наклонное дно вымени	1,8	4,5
Передние соски не вертикальны	1,8	-
Задние соски наклонны	1,8	-
Толстые соски	7,2	-
Тонкие соски	3,6	4,5
Дополнительные соски	1,8	-

Большинство недостатков, выявленных в ходе осмотра животных, встречается относительно редко – до 10 % случаев – и у части особей слабо выражены.

При этом частота встречаемости экстерьерных отклонений в разных возрастных группах отличается. У молодых коров чаще наблюдались недостатки конечностей и сосков, у животных старшей группы – недостатки вымени. Необходимо отметить, что недостатки в экстерьере коров встречаются редко, то есть технологический отбор привел к снижению частоты проявления недостатков телосложения. Линейная оценка экстерьера проводится на разных породах скота молочного направления продуктивности, при этом зоотехники получают материал для ведения отбора и подбора в стадах [12]. Полученные нами результаты исследований частично совпадают с ранее проведенными исследованиями на скоте голштинской породы [10, 11].

Завершает линейную оценку, характеристика животных по системе Б. Результаты оценки представлены в таблице 5.

Таблица 5– Линейная оценка (система Б) коров разного возраста

Table 5 – Linear assessment (system B) of cows of different ages

Признак, балл	1 лактация	3 лактация и старше
Объем туловища	79,9±0,28	79,6±0,77
Молочные признаки	80,7±0,20	80,3±0,43
Ноги	79,6±0,33	78,1±0,56
Вымя	79,2±0,39	79,2±0,50
Общий вид	78,7±0,35	78,5±0,55
Комплексная оценка	79,5±0,28	79,1±0,31

Отсутствие в значительном количестве недостатков телосложения, практически оптимальное развитие показателей системы А привело к тому, что животные получили высокие оценки по признакам системы Б, особенно за выраженность молочных признаков, в итоге комплексный класс животных – «Хорошо+». При этом вариабельность оценок очень низкая 1,8-4,4 %, то есть коровы обладают высокой степенью схожести. Дальнейшее повышение комплексного класса возможно только при соблюдении всех технологических тонкостей выращивания ремонтного молодняка и использования в стаде безупречных по телосложению быков-производителей.

Оценка экстерьера коров позволяет сформировать основные требования для коров первой лактации для отбора их в основное стадо.

Для отбора коров первой лактации по экстерьерным показателям необходимо учитывать параметры, рекомендованные для голштинской породы. Рекомендуемые параметры представлены в таблице 6.

Таблица 6– Рекомендуемые параметры экстерьера для отбора коров первой лактации

Table 6 – Recommended exterior parameters for selection of cows of the first lactation

Промер	Рекомендуемые пара-метры по методике ООС
1	2
1. Высота в холке	136 и более
2. Высота в крестце	140 и “ “ “
3. Глубина груди	73 и “ “ “
4. Ширина груди	47 и “ “ “
5. Ширина в маклоках	53 и “ “ “
6. Ширина в седалищных буграх	38 и “ “ “
7. Ширина в тазобедренных сочленениях	48 и “ “ “
8. Косая длина туловища	153 и “ “ “
9. Косая длина зада	53 и “ “ “
10. Обхват груди за лопатками	195 и “ “ “

Окончание таблицы 6

1	2
11. Обхват пясти	18 – 20
12. Полуобхват зада	96 – 110
13. Глубина туловища	82 и “ “ “
14. Высота прикрепления задних долей вымени	менее 22
15. Ширина молочного зеркала	19 и “ “ “
16. Длина передних долей вымени	25 и “ “ “
17. Расположение передних сосков	15 – 24
18. Длина соска	4 – 6
19. Длина вымени	35 – 45
20. Ширина вымени	30 – 35
21. Обхват вымени	120 и “ “ “
22. Глубина передних долей	24 – 32
23. Расположение задних сосков	8 – 12
24. Расположение боковых сосков	10 – 14
25. Диаметр соска	1,8 – 2,2
26. Расстояние от дна вымени до земли	60 – 66

Выводы. При анализе промеров коров первой лактации и коров в возрасте 3 лактации и старше нет достоверной разницы, это свидетельствует о том, что животные завершают рост к первой лактации, что характерно для коров голштинской породы. Оценка промеров телосложения позволила установить однородность развития животных. Изменчивость промеров экстерьера как у молодых, так и полновозрастных коров не превышала 10 %.

Проведенная оценка позволяет сделать заключение, что коровы первой, третьей и старше лактации характеризовались стандартным для голштинской породы ростом, высота в крестце у них практически не отличалась от минимально допустимой величины, рекомендованной методикой ООС. Но при этом имели недостаточно широкую грудную клетку, ширина грудной клетки меньше рекомендованных параметров на 9,6-9,8 %, но при этом она достаточно глубокая, по промеру глубина груди превышает на 4,1-6, 1%, рекомендованные параметры для породы. Обхват груди почти совпадает с минимальными требованиями, рекомендованными для породы.

Животные имеют короткий крестец (длина меньше на 1,2-2,1 %), но достаточно широкий (+1,4-2,6 %). Развитие костяка (обхват пясти) соответствует минимальным требованиям ООС как у первотелок, так и у взрослых коров.

При анализе индексов телосложения установлено снижение длинноногости (–2,2-2,4 %), грудного (–8,6-9,9 %) и тазогрудного индексов (–9,8-11,3 %). При этом животные первой лактации характеризуются несколько укороченным туловищем (–1,6 %), а старшего возраста менее компактным (–1,2 %) туловищем, хорошо развитым костяком (+1,9 % и +2,1 % от минимального значения) и незначительной перерослостью (+0,5 %) у коров первой лактации.

Линейная система оценки подтверждает ранее установленные особенности в экстерьере животных. Большинство признаков имеет оценку, приближенную к оптимальной оценке. Животные высокорослые: (+1,6 балла у коров 1 лактации и +1,3 балла к оптимальному показателю) с хорошо выраженными молочными формами (+0,9 и +1,1 балла), узки (–0,5 и –0,3 балла) и слегка свислый зад (+0,1 и +0,2 балла), задние конечности правильно поставлены с острым углом копыт (–0,5 балла у первотелок и –0,7 балла у полновозрастных животных).

Вымя у коров плотно прикреплено (+0,3 балла и +0,2 балла), с укороченными передними долями (-0,7 балла и -0,2 балла по возрастным группам соответственно), задние доли высоко расположены (+1,2 и +0,8 балла), немного сближены (-0,7 и -0,5 балла). Вымя железистое, на что указывает хорошее развитие борозды вымени (-0,3 и -0,1 балла), высоко подвешено (+1,7 и +1,4 балла). Передние соски расположены достаточно близко (+1,1 и +0,9 от оптимального балла), но это в целом характерно для голштинского скота, длина сосков почти оптимальна (-0,1 и +0,1 балла).

Таким образом, анализируемое поголовье животных имеет хорошие экстерьерные признаки, при дальнейшем индивидуальном отборе необходимо руководствоваться предложенными параметрами, а также обратить внимание при подборе быков на их экстерьерные признаки и передающую способность дочерям типа телосложения.

Библиографический список

1. Батанов С. Д., Старостина О. С., Шайдулина М. М. Наследование и взаимосвязь экстерьерных параметров крупного рогатого скота черно-пестрой породы // Зоотехния. 2020. № 9. С. 11-16.
2. Гукежов В. М., Габаев М. С. Методология оценки продолжительности и эффективности использования животных в молочном скотоводстве // Зоотехния. 2019. № 4. С. 25-28.
3. Ефимова Л. В., Зазнобина Т. В., Иванова О. В. Оценка влияния коров-матерей на показатели молока и крови дочерей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2019. № 35. С. 268-274.
4. Контэ А. А. Оценка племенной ценности быков-производителей популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения дочерей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2019. № 35. С. 275-285.
5. Кукежов В. М. Методологические подходы к формированию племенного ядра // Зоотехния. 2019. № 10. С. 2-6.
6. Мельникова Е. Е. Критерии отбора особей при формировании селекционной группы матерей-коров по признакам молочной продуктивности // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 32. С. 59-62.
7. Николаев С. И. Использование нута в кормлении ремонтных бычков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 199-207.
8. Прожерин В. П. Мониторинг результатов оценки экстерьера холмогорских коров архангельской популяции за прошедшие 100 лет // Зоотехния. 2020. № 9. С. 20-24.
9. Харитонов С. Н. Селекционный индекс племенной ценности быков-производителей по молочной продуктивности потомства в симментальской породе крупного рогатого скота // Зоотехния. 2020. № 9. С. 2-8.
10. Шевелёва О. М., Смирнова Т. Н. Роль племзавода «Учхоз ГАУ Северного Зауралья» в повышении генетического потенциала продуктивности черно-пестрого скота // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2017. № 1 (36). С. 71-81.
11. Шендаков А. И. Влияние голштинской породы на генофонд черно-пестрого скота в стадах Орловской области // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 1. С. 17-20.
12. Anisimova E. I. Comparative assessment of the relationship between intrabreed types of simmental cows and sectionized traits // International Journal of Pharmaceutical Research. 2018. № 10 (4). P. 604-610.
13. Kabitskaya Y. A., Boyko E. G. Genetic diversity of cattle bred in territory of the tyumen region, Russia // Archives of Razi Institute. 2021. № 76 (3). P. 681-690.

Информация об авторах

Шевелёва Ольга Михайловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии производства и переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. г. Тюмень, улица Республики, дом 7
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-3964>

Свяженна Марина Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технологии производства и переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. Г. Тюмень, улица Республики, дом 7

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1571-2900>

Суханова Светлана Фаилевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая лабораторией ресурсосберегающих технологий в животноводстве ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С.Мальцева, Курганская область, с. Лесниково

<https://orcid.org/0000-0003-4921-1725>

Даниленко Ирина Юрьевна, ассистент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400040, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-33

THE USE OF PROTEIN-VITAMIN-MINERAL CONCENTRATE IN THE FEEDING DIETS OF BROILER CHICKENS

**E. A. Lipova, S. I. Nikolaev, O. Yu. Bryukhno,
A. Yu. Agapov, M. A. Ryabova**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 22.04.2022

Submitted 25.05.2022

Abstract

Introduction. To date, the Government of the Russian Federation sets a key task for the enterprises of the agro-industrial complex to preserve and maintain business activity in order to create new products that can fully meet the needs of commodity producers. In order to reduce the import component in the production of domestic poultry products is the development and introduction of domestic feed additives. Under the conditions of intensification, the production technology of broiler chickens is based on the use of optimal diets balanced both in terms of nutrients and biologically active substances. In the poultry industry, diets can be balanced with the help of protein-vitamin-mineral concentrates (BVMC). In this regard, the aim of the work was to develop and study BVMC using local raw materials and study their impact on the dynamics of growth and development of broiler chickens. The research is relevant and has practical significance. The object of the study. **Object** of the study was the agricultural bird of the Ross-308 cross. **Materials and methods.** The studies were conducted in the period from 2013 to 2022, in the conditions the Research Center for the Safety and Effectiveness of the Use of Feed and Additives of the Volgograd State Agrarian University. In the formulation of scientific and economic experience, classical and modern methods of conducting the experiment were used. The results obtained during the experiment were processed by the biometric method of variation statistics using the Microsoft Office software package. **Results and conclusions.** The data obtained in the course of the conducted studies allow us to conclude that the introduction of feed additives of domestic production produced on the basis of the fat-and-oil industry BVMK(C) and BVMK (R) into the diet of broiler chickens makes it possible to increase the average daily gain and get the greatest gain by the end of cultivation. The weight of poultry in the control, 1-experimental and 2-experimental groups at 42 days was 2723.56 g, 2224.75 g and 2166.12 g, respectively. The smallest average daily increase was in the control group and amounted to 59.96 g, in the 1-experimental - 67.1g, in the 2-experimental - 62.01 g. The use of feed additives made it possible to reduce the cost of compound feed by 1 kg of live weight gain of broiler chickens.

Key words: *broiler chicken diets, broiler chicken feeding, protein supplements, local feed sources.*

Citation. Lipova E. A., Nikolaev S. I., Bryukhno O. Yu., Agapov A. Yu., Ryabova M. A. The use of protein-vitamin-mineral concentrate in the feeding diets of broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 262-268 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-33.

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

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

УДК 636.5.033

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ БЕЛКОВО-ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА

Е. А. Липова, кандидат сельскохозяйственных наук
С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
О. Ю. Брюхно, кандидат сельскохозяйственных наук
С. Ю. Агапов, кандидат сельскохозяйственных наук
М. А. Рябова, кандидат сельскохозяйственных наук

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 22.04.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. На сегодняшний день правительство РФ ключевой задачей перед предприятиями агропромышленного комплекса ставит сохранение и поддержание деловой активности с целью создания новых продуктов, способных в полной мере обеспечить потребности товаропроизводителей. С целью снижения импортной составляющей в производстве отечественной птицеводческой продукции осуществляются разработка и внедрение отечественных кормовых добавок. В условиях интенсификации технология производства выращивания цыплят-бройлеров базируется на использовании оптимальных рационов, сбалансированных как по питательным, так и по биологически активным веществам. В птицеводческой промышленности рационы можно сбалансировать с помощью БВМК. В этой связи целью работы явились разработка и изучение БВМК с использованием местной сырьевой базы и изучение их влияния на динамику роста и развития цыплят-бройлеров. **Объект исследования.** Объектом исследования стала сельскохозяйственная птица кросса «Росс-308». **Материалы и методы.** Исследования проводились в период с 2013 по 2022 гг. в условиях НИЦ безопасности и эффективности кормов и добавок ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. При постановке опыта были использованы классические и современные методики проведения эксперимента. Полученные результаты обработаны биометрическим методом вариационной статистики. **Результаты и выводы.** Введение в рацион цыплят-бройлеров кормовых добавок отечественного производства, произведенных на основе масложировой промышленности БВМК(С) и БВМК(Р), позволяют увеличить среднесуточные привесы и получить наибольший привес к концу выращивания. Масса птицы в контрольной, 1-опытной и 2-опытной группах за 42 дня составила 2723,56 г, 2224,75 г и 2166,12 г соответственно. Наименьший среднесуточный прирост оказался в контрольной группе и составил 59,96 г, в 1-опытной – 67,1 г, во 2-опытной – 62,01 г.

Ключевые слова: *рационы цыплят-бройлеров, кормление цыплят-бройлеров, белковые кормовые добавки, местные кормовые источники.*

Цитирование. Липова Е. А., Николаев С. И., Брюхно О. Ю., Агапов С. Ю., Рябова М. А. Использование в рационах кормления цыплят-бройлеров белково-витаминно-минерального концентрата. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 262-268. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-33.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из ключевых отраслей экономики страны является сельскохозяйственная. За последние два года положение дел на глобальном рынке продовольствия заметно осложнилось. Именно в настоящее время ошибки в экономической, энергетической, продовольственной политике развитых стран привели к резкому росту цен на продукты питания во всем мире. Ситуация в последнее время только усугубляется. На фоне минимальных запасов продовольствия в мире вводятся новые санкции, блокируется работа предприятий и логистика поставок удобрений из России и Белоруссии.

В нынешних условиях дефицит удобрений на глобальном рынке неизбежен. Не все страны могут приобрести необходимый объем на текущий сезон, а значит, снизится и урожайность, при этом важно отметить, что развитые государства через механизм финансовой эмиссии будут стараться перекупить потоки продовольствия, тем самым неизбежно обострив дефицит продуктов питания в беднейших регионах мира. Для минимизации внешних эффектов для граждан России необходимо увеличить выпуск и поставку на внутренний рынок качественных доступных по цене продуктов питания, особенно мяса птицы, являющегося важным составляющим в питании человека. В нем много ценных белков, витаминов, минералов и аминокислот [1-4, 6, 8]. Три четверти от общего количества потребляемого мяса приходится на мясо птицы. Оно занимает 29 % в общем производстве мяса и около 44 % в мировой торговле мясными продуктами.

Стратегически важно сокращать зависимость отечественного агропромышленного комплекса от импортных закупок. Особое внимание необходимо уделить кормовым добавкам, используемым при выращивании птицы на мясо [5, 7, 9-12].

Все это послужило основой изыскания новых кормовых добавок отечественного производства, способных заменить некоторые импортные.

Объект исследования. Объектом исследования стала сельскохозяйственная птица кросса «Росс-308».

Материалы и методы. Постановка эксперимента была осуществлена на отобранной по принципу аналогичности групп суточных цыплят-бройлерах на базе научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ с содержанием на глубокой несменяемой подстилке на полу. Птицу сгруппировали в три группы (контроль и 2 опытные), в каждой из них находилось по 42 головы. Длительность опыта 6 недель (42 дня). Живая масса бройлеров контролировалась с интервалом в 7 дней (7 сут., 14, 21, 28, 35 и 42 сут.) за счёт индивидуального взвешивания всего поголовья контрольной и опытных групп, а её сохранность – ежедневным учётом выбраковки с установлением причины.

По завершении выращивания данной партии цыплят-бройлеров был проведён учёт фактически скормленного корма и его расход на единицу прироста массы тела.

Все полученные результаты зоотехнического эксперимента были обработаны биометрически с определением уровня достоверности.

Птица, которая находилась в контрольной группе, получала рацион, в который вводили БВМК на основе подсолнечного жмыха. Дополнительно к основному рациону птица первой опытной группы получала БВМК(С) изготовленный на основе кормового концентрата из растительного сырья «Сарепта», а птица второй опытной группы БВМК(Р) – на основе рыжикового жмыха (таблица 1).

Таблица 1 – Схема постановки эксперимента / Table 1 – Scheme of the experiment

Группа		Условия кормления подопытной птицы		
		Старт	Рост	Финиш
Контрольная		Основной рацион с 7,5 % стандартным БВМК	Основной рацион с 10 % стандартным БВМК	Основной рацион с 12 % стандартным БВМК
Опытная	1	Основной рацион с 7,5 % БВМК (С)	Основной рацион с 10 % БВМК (С)	Основной рацион с 12 % БВМК (Р)
	2	Основной рацион с 7,5 % БВМК (Р)	Основной рацион с 10 % БВМК (Р)	Основной рацион с 12 % БВМК (С)

Необходимо отметить, что условия содержания и кормления птицы всех групп были идентичными и соответствовали рекомендациям ВНИТИП.

Результаты и обсуждение. Птицеводческие предприятия промышленного масштаба, выращивающие кур на мясо, будут эффективными при соблюдении некоторых условий. К таким условиям можно отнести: использование высокопродуктивной птицы с высоким генетическим потенциалом, применение инновационных технологий содержания. Важная роль принадлежит кормлению.

При недостаточном содержании питательных веществ в рационе птицы технологического содержания значительно снижается продуктивность, особенно если это птица выращивается на мясо, поскольку за довольно короткие сроки необходимо набрать максимальную живую массу.

С целью определения влияния содержащихся в комбикорме БВМК(С) и БВМК(Р) компонентов на скорость роста птицы, выращиваемой на мясо, был проведен научно-хозяйственный опыт (рисунок 1).

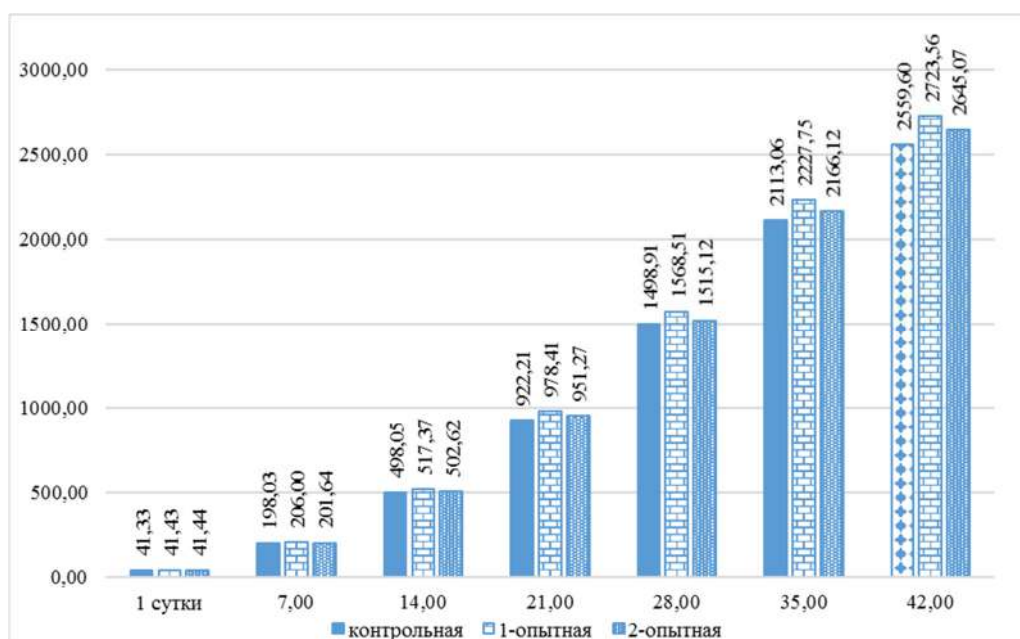


Рисунок 1 – Живая масса цыплят-бройлеров за период выращивания, г

Figure 1 – Live weight of broiler chickens during the growing period, g

Исследование скорости роста цыплят-бройлеров на фоне использования отечественных добавок БВМК(С) и БВМК(Р), изготовленных с применением отходов масложировой промышленности, продемонстрировали положительные результаты.

Оценка взвешивания птицы с интервалом в 7 дней показала превосходство первой опытной группы над всеми остальными по изучаемому показателю. К концу 6 недели вес птицы в группе, в которой применялся БВМК(С), составил 2723,56 г, что на 163,96 г больше веса цыплят-бройлеров контрольной группы. К концу опыта цыплята-бройлеры контрольной группы набрали вес, соответствующий 2559,60 г. Птица, в рационе которой содержался БВМК(Р), также превзошла птицу контрольной группы, ее вес составил 2645,07 г, что на 85,74 г больше.

Нами было установлено, что цыплята-бройлеры опытных групп имели более высокую скорость роста и, соответственно, больший абсолютный прирост (рисунок 2).

Абсолютная скорость роста птицы, участвующей в опыте, находилась в пределах от 2518,28 до 2818,13 г в контрольной и 1-опытной. У птицы, которой задавался комбикорм, содержащий БВМК(Р), абсолютная скорость роста была на уровне 2603,63 г.

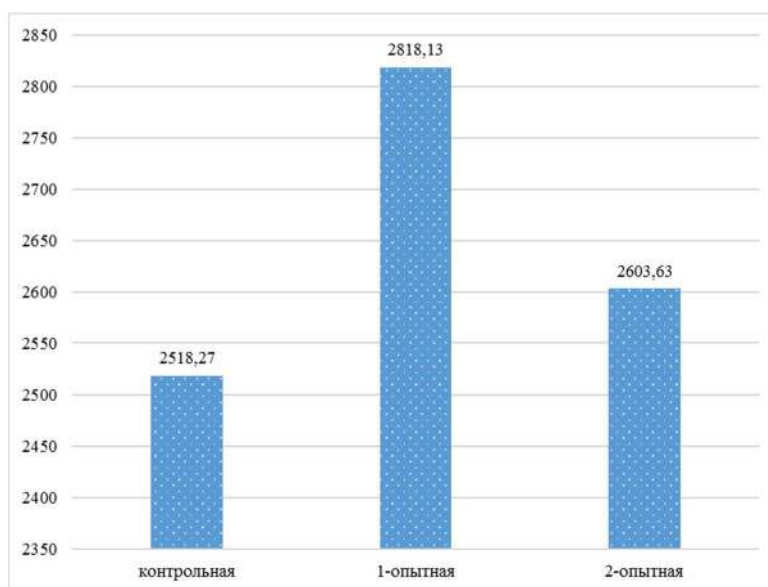


Рисунок 2 – Абсолютный прирост цыплят-бройлеров, г

Figure 2 – Absolute growth of broiler chickens, g

Современные кроссы мясных кур обладают высоким среднесуточным приростом. Современные кормовые добавки должны обеспечивать необходимую скорость роста высокопродуктивной птицы (рисунок 3).

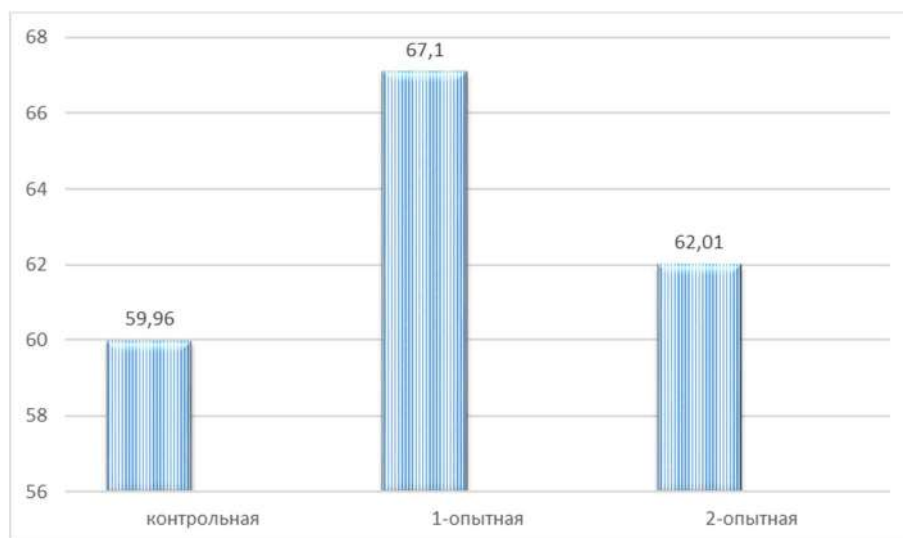


Рисунок 3 – Среднесуточный прирост, г / Figure 3 – Average daily growth, g

Полученные данные по среднесуточному приросту цыплят-бройлеров свидетельствуют, что наивысший показатель был в подопытной группе, в которой применялся БВМК(С), изготовленный на основе кормового концентрата «Сарепта», и находился на уровне 67,1 г. В группе, в которой применялся БВМК(Р), показатель составил 62,01 г. Наименьший среднесуточный прирост оказался в контрольной группе и соответствовал 59,96 г.

Затраты кормов составляют наибольшую статью расходов в любом животноводческом предприятии промышленного масштаба. Данный показатель оказывает большое влияние на экономическую эффективность.

При выращивании подопытных цыплят-бройлеров проводился учет расхода комбикормов. По этому показателю были рассчитаны затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика показателя среднесуточного потребления корма, г

Table 2 – Dynamics of average daily feed consumption, g

Период опыта (дней)	Группа		
	Контрольная	1-опытная	2-опытная
0-7	83,71	82,02	82,25
8 и 14	370,71	367,43	367,6
15-21	892,86	888,29	888,52
22-28	1688,57	1684,71	1685,06
29-35	2765	2760,43	2760,67
36-42	4083,57	4081,45	4081,57
0-42	1947,4	1644,06	1644,28
Затраты комбикорма на 1 кг прироста			
	1,62	1,45	1,57

За период проведения опыта было израсходовано на каждую группу по 69 191 г комбикорма. Однако потребление птицей корма имело некоторое отличие. В опытной группе, где применяли в составе рациона БВМК(С), потребление корма на одного цыпленка составило 4081,45 г. В группе с применением БВМК(Р) потребление кормов было несколько выше и соответствовало значению 4081,57 г. В контрольной группе было затрачено 4083,57 г комбикорма, это был наивысший показатель в данном опыте.

Затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы цыплят-бройлеров в контрольной группе составляют 1,62 кг, а в опытных группах этот показатель был ниже на 0,17 и 0,05 кг соответственно.

Выводы. Данные, полученные в ходе проведенных исследований, позволяют сделать вывод, что введение в рацион цыплят-бройлеров кормовых добавок отечественного производства, произведенных на основе масложировой промышленности БВМК(С) и БВМК(Р), позволяют увеличить среднесуточные привесы и получить наибольший привес к концу выращивания. В результате опыта также было доказано, что использование кормовых добавок позволяет снизить затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы цыплят-бройлеров.

Библиографический список

1. Влияние лактулозы в составе новых кормовых добавок на характеристики мясной продуктивности и обменные процессы бройлеров / М. И. Сложенкина [и др.] // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 32-36.
2. Влияние премиксов и БВМК на гематологические показатели сельскохозяйственной птицы / С. И. Николаев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 229-238.
3. Выращивание цыплят-бройлеров с использованием новых кормовых добавок на основе лактулозы / М. И. Сложенкина [и др.] // Птица и птицепродукты. 2021. № 1. С. 17-20.
4. Концентрат "Горlinkка" в кормлении молодняка кур / С. И. Николаев [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 120-127.
5. Мясная продуктивность бройлеров при использовании кормовой добавки на основе морских водорослей / И. Ф. Горлов [и др.] // Птица и птицепродукты. 2018. № 5. С. 39-42.
6. Новый кормовой микробно-растительный концентрат в комбикормах для цыплят-бройлеров кросса "Росс 308" / И. Ф. Горлов [и др.] // Птица и птицепродукты. 2021. № 6. С. 21-24.
7. Обменные процессы в организме цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки Инновит Е 60 / С. М. Иванов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 157. С. 43-51.

8. Повышение мясной продуктивности и качества мяса цыплят-бройлеров при введении в их рационы биологически активных добавок / Д. А. Злепкин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 133-136.

9. Пробиотическая добавка при выращивании ремонтного молодняка птицы кросса Росс 308 / И. В. Ткачева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 196-202.

10. Effectiveness of using the feed-food magic antistress mix additive in broiler chicken diets for sustainable agricultural development / O. V. Budtuev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021" 2022. 012019.

11. Environmentally friendly protein supplements in poultry feeding. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / E. A. Lipova [et al.] // IOP AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021. 2022. 012022.

12. The use of wastes from the fat-and-oil industry in feeding calves in order to improve environmental safety / O. Yu. Bryukhno [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021". 2022. 012018.

Информация об авторах

Липова Елена Андреевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6625-8675>. E-mail: Lipova.elenka@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694>. E-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Брюхно Ольга Юрьевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9072-1359>. E-mail: o.bruxno@yandex.ru

Агапов Сергей Юрьевич, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0896-4336>. E-mail: agapov_s_y@mail.ru

Рябова Мария Алексеевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: prosto-marija88@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-34

TSIGAI SHEEP INTERLINEAR CROSSES COMBINING ABILITY

P. S. Ostapchuk

*Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea»,
Simferopol, Republic of Crimea*

Received 22.02.2022

Submitted 21.04.2022

*The research was supported by the administration of the Federal State Budget Scientific Institution
“Research Institute of Agriculture of Crimea” in the context of the state research programs,
registration numbers are AAAA-A16-116022610122-2 and № FNZW-2022-0011*

Summary

The combining ability assessment in the characterization of the interlinear combination is of crucial importance in the further purebred improvement of the «Tsigai» sheep breed. The genotype of the paternal form has the greatest impact on the productivity of offspring was the hypothesis of these studies. The effective paternal forms in the interlinear crossing of sheep are revealed in this article.

Abstract

Introduction. The research relevance is due to the application of the assessment of the combining ability of interlinear crosses in sheep breeding and its adaptation on the basis of Excel tables. This one will allow to scientifically substantiate the use of effective paternal forms in further breeding work. **Object.** Retrospective data of interlinear crosses of the «Tsigai» sheep breed obtained in the period 1986 - 2016 at the State Unitary Enterprise of the Republic of Crimea «Chernomorskoye». **Materials and methods.** The study of the effectiveness of interlinear crosses is based on an array of statistical data on the number of sheep according to the results of the work of the pedigree enterprise of sheep of the «Tsigai» breed. All data was entered into Excel tables on a PC. The fourth Griffing method was used for the analysis. This one were based on the study of the results of crossing F1 descendants. **Results and conclusions.** The calculated average squares of the combining ability during the dispersion analysis did not prove the influence of the «genotype-environment» factor. While the influence of the paternal form had a significant effect on almost all the studied signs within reliable limits ($P \leq 0.05 - P \leq 0.01$). According to live weight, a positive effect was noted acute coronary syndrome in paternal lines Nos. 20832, 0173, 65204 and 82104, and maternal lines Nos. 884, 80077, 1128 and 0173. By cutting natural wool, a mutual manifestation was noted in both paternal and maternal lines No. 65204; a positive manifestation of the effect of the general combinational ability in paternal lines, in addition, was noted in Nos. 1128, 20832, 0173 and 65204, and maternal lines Nos. 884 and 82104. Along the length of the fibers, the positive effect of acute coronary syndrome was noted in lines No. 884, 80077 and 1128. In maternal forms, the opposite dependence was noted, except for line No. 0173, in which this trait, both in paternal and maternal forms, was marked by negative effects of acute coronary syndrome. A similar pattern is practically preserved in the influence of acute coronary syndrome on the tone of wool. Effective interlinear crosses were identified, characterized by improved productive indicators in terms of live weight and quality indicators of wool: 884×1128 and 80077×0173. The effect of the use of paternal forms of lines No. 884 and 80077 with interlinear crosses on the improvement of live weight and natural wool shearing in F1 descendants was revealed. The improvement in the quality of wool was noted in crosses of lines 0173×20832, 65204×1128, 65204×20832 and 82104×1128.

Key words: *Tsigai breed, interlinear crosses, combining ability, live weight, wool shearing, fiber length, wool fibers thickness.*

Citation. Ostapchuk P. S. Tsigai sheep interlinear crosses combining ability. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 268-280 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-34.

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

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

УДК 636.371:57.081.23

КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МЕЖЛИНЕЙНЫХ КРОССОВ В ЦИГАЙСКОМ ОВЦЕВОДСТВЕ

П. С. Остапчук, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Республика Крым

Дата поступления в редакцию 22.02.2022

Дата принятия к печати 21.04.2022

Исследования выполнены при поддержке администрации Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в рамках государственной программы НИР, регистрационные номера АААА-А16-116022610122-2 и FNZW-2022-0011

Актуальность обусловлена необходимостью оценки комбинационной способности межлинейных кроссов в овцеводстве и его адаптации на базе таблиц Excel, что позволит научно обосновать использование в дальнейшей племенной работе эффективных отцовских форм. **Объект.** Ретроспективные данные межлинейных сочетаний цигайской породы овец, полученных в период 1986 – 2016 гг. в ГУП РК «Черноморское». **Материалы и методы.** Изучение эффективности межлинейных кроссов основано на массиве статистических данных поголовья овец по результатам работы племенного завода овец цигайской породы. Все данные были внесены в таблицы Excel на ПЭВМ. Для анализа был применен четвертый метод Грiffinга, который основывается на изуче-

нии результатов скрещивания потомков F_1 . **Результаты и выводы.** В ходе дисперсного анализа средних квадратов комбинационной способности установлено, что влияние «генотип – среда» не оказало действия на изучаемые показатели, в то время как влияние отцовской формы оказало достоверное влияние практически на все изучаемые признаки ($P \leq 0,05 - P \leq 0,01$). По живой массе отмечен положительный эффект ОКС у отцовских линий №№ 20832, 0173, 65204 и 82104, а материнских №№ 884, 80077, 1128 и 0173. По настригу натуральной шерсти обоюдное проявление отмечено как у отцовских, так и у материнских у линии № 65204; положительное проявление эффекта общей комбинационной способности у отцовских линий, кроме того, отмечено у №№ 1128, 20832, 0173 и 65204, а материнских – №№ 884 и 82104. По длине волокон положительный эффект ОКС отмечен у линий №№ 884, 80077 и 1128. У материнских форм отмечена противоположная зависимость, кроме линии № 0173, у которой этот признак как у отцовской, так и у материнской форм отмечен отрицательными эффектами ОКС. Аналогичная закономерность практически сохраняется и по влиянию ОКС на тонину шерсти. Выявлены эффективные межлинейные кроссы, характеризующиеся улучшенными продуктивными показателями по живой массе и по качественным показателям шерсти: 884×1128 и 80077×0173 . Выявлен эффект от использования отцовских форм линий №№ 884 и 80077 при межлинейных кроссах на улучшение живой массы и настрига натуральной шерсти у потомков F_1 . Улучшение качественных показателей шерсти отмечено у кроссов линий 0173×20832 , 65204×1128 , 65204×20832 и 82104×1128 .

Ключевые слова: цигайская порода овец, межлинейные кроссы овец, живая масса овец, настриг шерсти, длина волокон шерсти, тонина волокон шерсти.

Цитирование. Остапчук П. С. Комбинационная способность межлинейных кроссов в цигайском овцеводстве. *Известия НВ АУК*. 2022. 2 (66). 268-280. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-34.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования собрал материал, проанализировал данные и написал рукопись.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дальнейшее развитие многолетних отечественных наработок в племенном овцеводстве является важнейшей для России научно-технической задачей, поскольку разработка и дальнейшая консолидация конкурентоспособных пород на основе эффективных методов реализации их потенциала выступит катализатором интенсификации отечественного животноводства [2, 9, 10].

Чистопородное разведение является ведущим методом разведения, поддержания и закрепления единообразия обозначенных стандартов породы. При чистопородном разведении строго учитывается породная принадлежность животных, а работа с линиями является основой в дальнейшем совершенствовании породы, поскольку линейное, или чистопородное, разведение является высшей формой селекционной работы с животными в большинстве регионов нашей страны [1, 19, 24].

Для обеспечения селекционного прогресса в стадах овец применение межлинейных кроссов становится оправданным [12].

Селекционно-племенная работа с цигайской породой в Крыму продолжается и в настоящее время. Обоснована селекционно-технологическая модель улучшения мясных качеств овец цигайской породы, которая основана на использовании родительских форм, селекционированных по наиболее важным продуктивным признакам [13, 28]. В дальнейшей селекционной работе с чистопородными стадами следует отбирать животных для формирования родительских пар с наиболее значимыми хозяйственно полезными особенностями [6].

Оценка комбинационной способности линий, типов, а также пород сельскохозяйственных животных позволяет корректно оценить различные варианты подбора при скрещивании изучаемых генотипов [14, 16, 20]. Широко применяется этот метод в скотоводстве и свиноводстве [15].

В связи с вышеизложенным основной целью исследований стала адаптация методов Гриффинга к оценке комбинационной способности в межлинейном скрещивании в овцеводстве на основе ретроспективных данных, полученных в работе племенного завода по цигайской породе овец на базе таблиц Excel.

Объект исследования. Статистические данные межлинейных сочетаний овец цигайской породы, накопленные в результате работы племенного завода ГУП РК «Черноморское» в период с 1986 по 2016 гг.

Материалы и методы. В ходе анализа были привлечены ретроспективные результаты межлинейных скрещиваний овец цигайской породы в период 1986 – 2016 гг., приведенные в первичной документации. С целью унификации данных для анализа были взяты показатели ярок: живая масса в возрасте 1 года и 4 месяцев и показатели первой стрижки: настриг натуральной шерсти, длина шерсти, тонина шерстных волокон.

Все показатели структурированы согласно схеме, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема межлинейных сочетаний в цигайской породе овец, данные которых собраны для анализа

Table 1 – Young female Tsigai breed interlinear combinations scheme, the data of which are collected for analysis

Отцовская форма / Parental line (X_i)	Материнская форма / Maternal line (X_j)					
	80077	1128	20832	0173	65204	82104
884	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW
	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS
	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF
	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF
80077	-	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW
	-	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS
	-	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF
	-	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF
1128	ЖМ / LW	-	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW
	НШ / NWS	-	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS
	ДВ / LF	-	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF
	ТВ / TF	-	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF
20832	ЖМ / LW	ЖМ / LW	-	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW
	НШ / NWS	НШ / NWS	-	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS
	ДВ / LF	ДВ / LF	-	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF
	ТВ / TF	ТВ / TF	-	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF
0173	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	-	ЖМ / LW	ЖМ / LW
	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	-	НШ / NWS	НШ / NWS
	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	-	ДВ / LF	ДВ / LF
	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	-	ТВ / TF	ТВ / TF
65204	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	-	ЖМ / LW
	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	-	НШ / NWS
	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	-	ДВ / LF
	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	-	ТВ / TF
82104	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	ЖМ / LW	-
	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	НШ / NWS	-
	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	ДВ / LF	-
	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	ТВ / TF	-

Примечание. Условные сокращения показателей продуктивности: ЖМ – живая масса; НШ – настриг натуральной шерсти; ДВ – длина шерстных волокон; ТВ – тонина шерстных волокон.

Note. Productivity indicators conventional abbreviations: LW – live weight; NWS – natural wool shearing; LF – length of wool fibers; TF – wool fibers thickness.

Живая масса ярок была измерена в процессе взвешивания перед первой стрижкой в возрасте 1 года и 4 месяцев с точностью до 0,5 кг. Показатели шерстной продуктивности оценены по следующим показателям: настриг натуральной шерсти, длина шерстяных волокон, толщина шерстяных волокон.

Расчет комбинационной способности был проведен с использованием методики Б. Гриффинга. В изучаемых межлинейных скрещиваниях овец цигайской породы значение p – это линия. Комбинации обозначены p^2 (или $p \times p$). Данные из таких комбинаций обозначены следующим образом: X_i представляет среднее значение для i -й комбинации, X_{ij} – среднее значение для потомков F_1 межлинейного сочетания, полученного в результате скрещивания i -й и j -й комбинаций, а X_{ji} представляет ее обратную величину.

Алгоритм расчетов применялся следующий. На первом этапе вычислений проводился математический анализ с целью установления генетических различий между испытываемыми кроссами для определения факториальных разнообразий между линиями, внутри линий и влияния «генотип – среда». Далее рассчитывались коэффициенты внутриклассовой корреляции с целью установления изменчивости, обусловленной влиянием генотипов родительских форм и внешней среды между линиями, внутрилинейных и взаимодействия «генотип – среда».

Следующий алгоритм расчетов – это выявление разнообразия для определения разнообразий общей и специфической комбинационной способности, при котором выявили достоверность влияния разнообразий комбинационной способности.

Далее – расчет эффектов ОКС и СКС для каждой родительской линии отдельно по формулам (1) и (2):

сумма квадратов общей комбинационной способности (ОКС):

$$Sg = \frac{1}{p-2} \sum_i X_i^2 - \frac{4}{p(p-2)} X^2, \quad (1)$$

сумма квадратов специфической комбинационной способности:

$$Ss = \sum_{i < j} X_{ij}^2 - \frac{1}{p-2} \sum_i X_i^2 + \frac{2}{(p-1)(p-2)} X^2. \quad (2)$$

Затем рассчитываются эффекты общей и специфической комбинационной способности. Эффект общей комбинационной способности рассчитан по формуле (3), а эффект специфической комбинационной способности – по формуле (4):

$$g_i = \frac{1}{p(p-2)} (pX_i - 2X). \quad (3)$$

$$s_{ij} = X_{ij} - \frac{1}{p-2} (X_i + X_j) + \frac{2}{(p-1)(p-2)} X. \quad (4)$$

И последний шаг по исследованию сочетаемости пород – расчет отличий специфической комбинационной способности по формуле (5):

$$\sigma_{Si}^2 = \frac{1}{p-2} \sum_i s_{ij}^2. \quad (5)$$

Формулы были адаптированы на персональном компьютере в табличном редакторе Excel.

Результаты и обсуждение. В процессе межлинейного скрещивания при использовании отцовской формы 884 были получены показатели живой массы выше 50 кг, а наибольший показатель – 52,7 кг – при скрещивании с материнской линией 65204. Самые низкие показатели живой массы получены при использовании в качестве отцовской формы 20832: колебания этого показателя варьировали от 47,0 до 50,9 кг (рисунок 1).

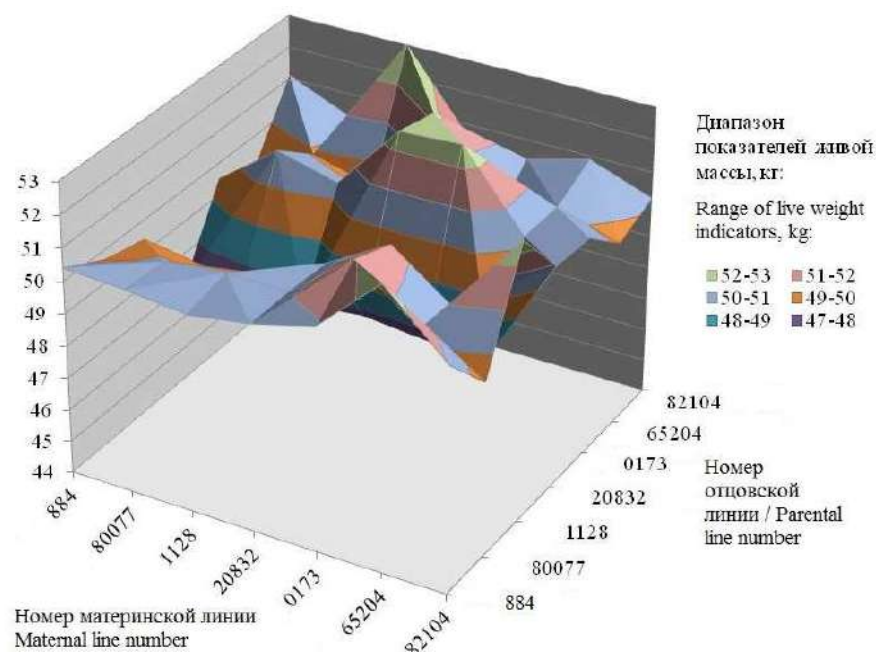


Рисунок 1 – Живая масса ярок (кг) / Figure 1 – Young female' live weight (kg)

По настригу натуральной шерсти наибольший показатель при использовании отцовской формы 884 при сочетании с материнской формой 65204 – 4,91 кг. Материнская форма 1128 также показала наивысшие показатели настрига натуральной шерсти 4,84, 4,76 и 4,82 кг при сочетании с отцовскими линиями, соответственно №№ 20832, 0173 и 65204 (рисунок 2).

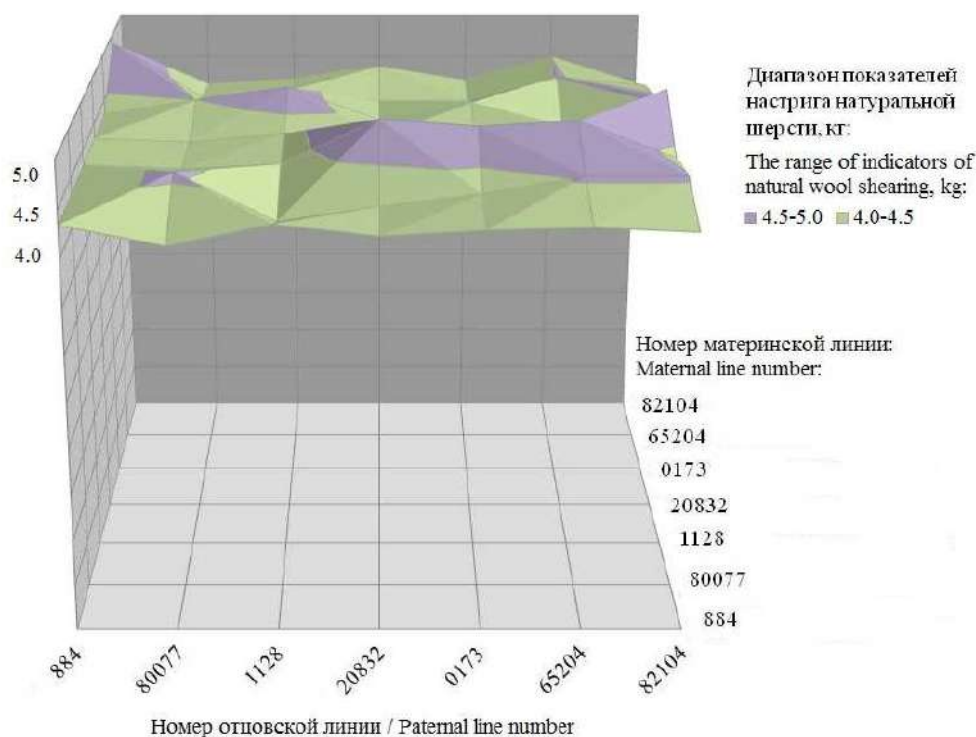


Рисунок 2 – Нстриг натуральной шерсти ярок (кг) / Figure 2 – Young female' wool shearing (kg)

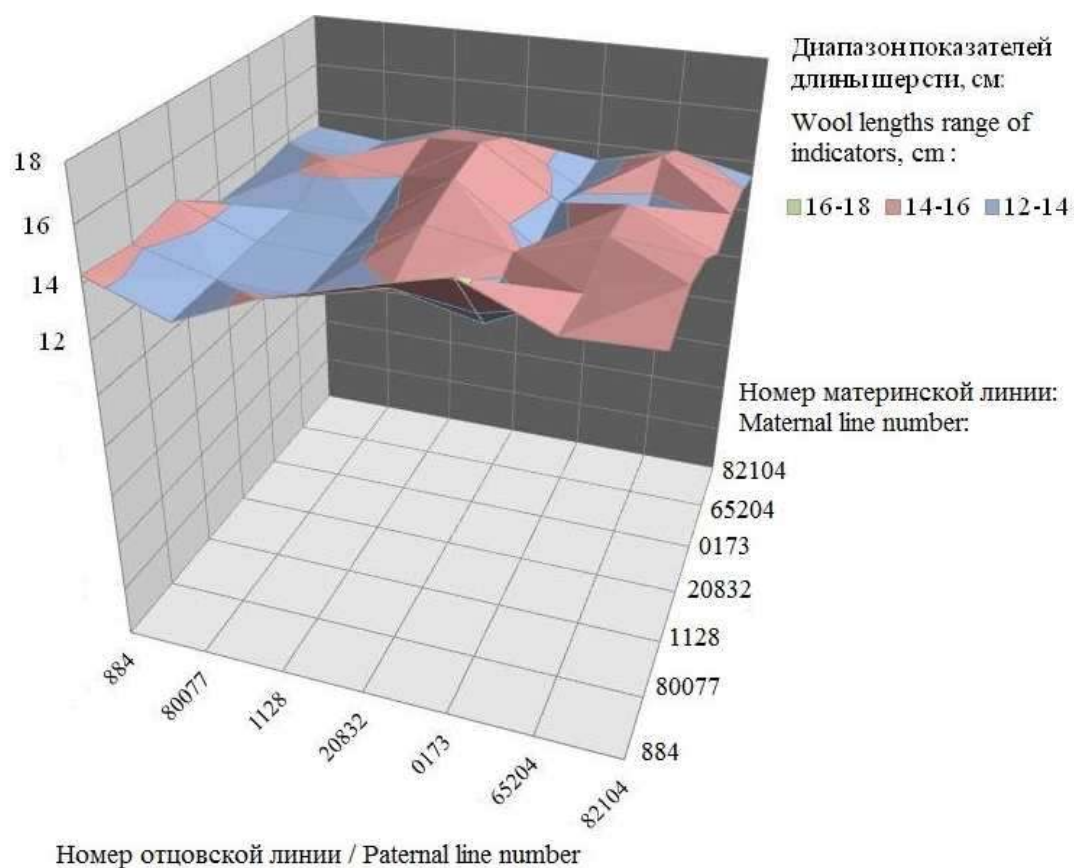


Рисунок 3 – Длина волокон шерсти ярок (см) / Figure 3 – Young female' fiber length (cm)

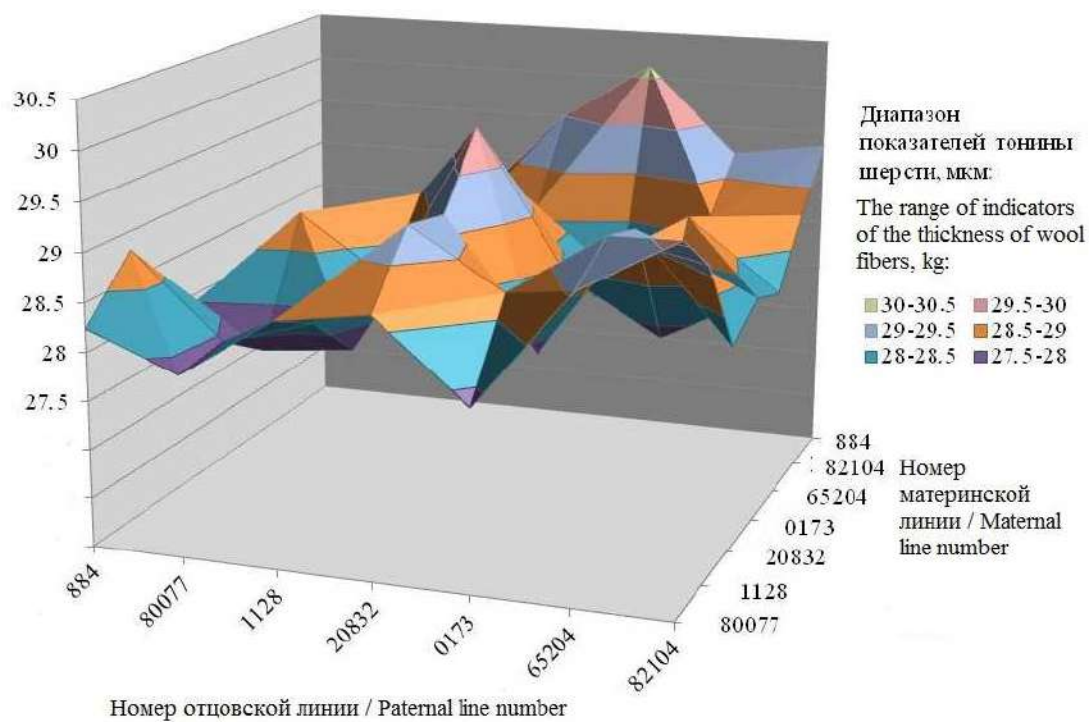


Рисунок 4 – Тонина волокон шерсти ярок (мкм)

Figure 4 – Young female' wool fibers thickness (microns)

Отцовская линия 0173 оказала наиболее эффективное влияние на показатель длины волокон шерсти в сочетании с материнской линией 884 – 16,2 см. Диапазоны этого показателя были распределены примерно в половине случаев от 14,0 до 15,7 см, а в другой половине вариаций – от 13,0 до 13,9 см (рисунок 3).

Тонина волокон шерсти была распределена следующим образом. В 72,9 % отмечена тонина шерсти 56 качества, а остальные показатели – 50 качества. Не были отмечены случаи проявления волокон шерсти с тониной 48 качества. Наиболее тонкая шерсть отмечена при межлинейном сочетании в случае использования в качестве материнской формы 65204, а наиболее грубая шерсть встречается при использовании материнской формы 884 (рисунок 4).

В ходе дисперсного анализа средних квадратов комбинационной способности показателей продуктивности межлинейных сочетаний у ярок цыгайской породы установлено, что влияние «генотип – среда» не оказывало действия на изучаемые показатели. В свою очередь, влияние отцовской формы оказало достоверное влияние практически на все изучаемые признаки ($P \leq 0,05$ – $P \leq 0,01$).

В процессе расчета вклада общей и специфической комбинационной способности было выявлено, что общая комбинационная способность в качестве источника варьирования у материнской формы оказала влияние в пределах от 23,9 до 24,03 %, а отцовской формы – от 23,82 до 23,94 %; специфическая комбинационная способность оказала преимущественное влияние на все признаки в пределах от 51,66 до 51,68 %. Неучтенные факторы оказали незначительное влияние – менее 0,5 %, по всем межлинейным комбинациям.

На рисунке 5 приведены результаты расчетов общей комбинационной способности (ОКС) отцовских ($\bar{g}_i$) и материнских ($\bar{g}_j$) форм.

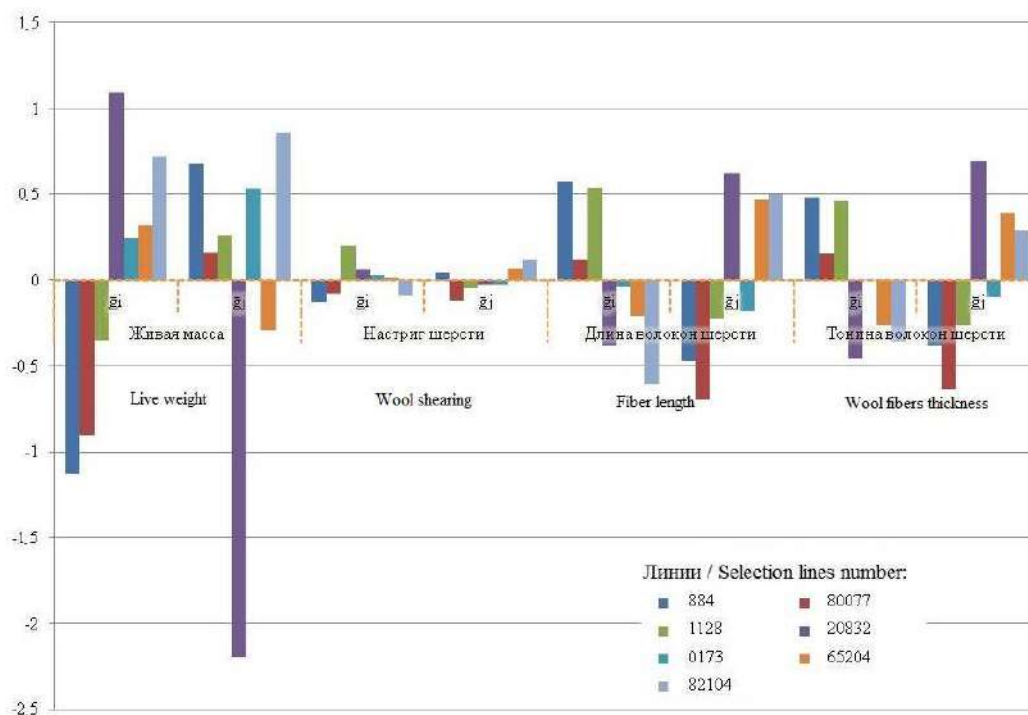


Рисунок 5 – Значения общей комбинационной способности (ОКС) для родительских форм в межлинейных скрещиваниях

Figure 5 – Values of the total combining ability (TCA) for parent forms in interlinear crosses

По живой массе отмечен положительный эффект ОКС у отцовских линий №№ 20832, 0173, 65204 и 82104, а материнских – №№ 884, 80077, 1128 и 0173. По настригу натуральной шерсти обоюдное проявление отмечено как у отцовских, так и у материнских у линии № 65204; положительное проявление эффекта общей комбинационной способности у отцовских линий, кроме того, отмечено у №№ 1128, 20832, 0173 и 65204, а материнских – №№ 884 и 82104. По длине волокон положительный эффект ОКС отмечен у линий №№ 884, 80077 и 1128. У материнских форм отмечена противоположная зависимость, кроме линии № 0173, у которой этот признак как у отцовской, так и у материнской форм отмечен отрицательными эффектами ОКС. Аналогичная закономерность практически сохраняется и по влиянию ОКС на тонину шерсти.

Расчет специфической комбинационной способности (СКС) позволил выявить межлинейные сочетания, которые превосходят средние значения изучаемых признаков в выбранной популяции ярок цигайской породы. В таблице 2 приведены эффекты СКС межлинейных сочетаний по живой массе. Линия 82104, выступающая в качестве отцовской формы, дала положительный эффект лишь в сочетании с линией 20832. Отцовская форма линии 65204 отмечена положительным эффектом лишь с материнской формой линии 0173. Отцовская форма линии 0173 практически не дает положительных эффектов СКС по живой массе. Отцовская форма линии 20832 проявляет положительный эффект СКС лишь в сочетании с материнской формой линии 82104. Материнская форма линий 82104, 0173 и 20832 отмечена положительным эффектом СКС с отцовской формой линии 1128. Отцовская форма линии 1128 отмечена отрицательным эффектом СКС лишь с материнской формой линии № 8210, а отцовская форма линии № 884 в межлинейном скрещивании со всеми изучаемыми материнскими формами отмечена положительными эффектами СКС.

Таблица 2 – Эффекты специфической комбинационной способности (СКС) межлинейных сочетаний по живой массе

Table 2 – Specific combining ability (SCA) effects of interlinear combinations by live weight

Отцовская форма / Paternal line	Материнская форма / Maternal line					
	80077	1128	20832	0173	65204	82104
884	0,55	0,35	0,65	1,15	2,95	1,15
80077	–	0,93	0,93	2,43	0,93	-0,07
1128	-0,72	–	0,18	1,28	-0,12	2,48
20832	-2,09	-1,59	–	-1,59	-1,49	1,81
0173	-1,47	-0,07	-0,57	–	-0,67	-0,17
65204	-1,24	-0,34	-0,84	1,96	–	-0,54
82104	-0,69	-1,49	1,21	-1,09	-1,39	–

Многими учеными установлено, что значительное влияние на селекционный прогресс по живой массе в стаде обуславливает отбор отцовских форм, поскольку этот признак обеспечен высоким уровнем эффекта селекции по данному признаку – от 6,7 до 10,5 ед. [17].

В таблице 3 приведены эффекты СКС межлинейных сочетаний по настригу натуральной шерсти. Отцовская форма линии 82104 проявила положительный эффект СКС с материнскими формами линий №№ 65204, 0173 и 1128. Материнская форма линии 20832 оказалась эффективной в скрещивании с отцовскими формами линий №№ 65204 и 0173. Отцовская форма линии 1128 оказала положительный эффект СКС в сочетании с линией 0173. Отцовская форма линии 884 оказала положительный эффект СКС по большинству комбинаций. Аналогичная закономерность сохраняется и при использовании отцовской формы линии 884.

Таблица 3 – Эффекты специфической комбинационной способности (СКС) межлинейных сочетаний по настригу натуральной шерсти

Table 3 – Specific combining ability (SCA) effects of interlinear combinations by natural wool shearing

Отцовская форма / Paternal line	Материнская форма / Maternal line					
	80077	1128	20832	0173	65204	82104
884	0,04	0,04	0,04	0,04	0,61	0,04
80077	–	0,10	0,10	0,30	0,06	-0,04
1128	-0,19	–	-0,14	0,11	-0,19	-0,31
20832	-0,19	-0,21	–	-0,15	-0,20	-0,04
0173	-0,10	-0,05	0,37	–	-0,17	-0,18
65204	-0,15	0,06	0,35	-0,05	–	0,03
82104	-0,15	0,11	0,00	0,47	0,12	–

В таблице 4 приведён анализ специфической комбинационной способности межлинейных сочетаний по длине шерстных волокон у ярок цигайской породы при межлинейных сочетаниях.

Таблица 4 – Эффекты специфической комбинационной способности (СКС) межлинейных сочетаний по длине шерстных волокон

Table 4 – Specific combining ability (SCA) effects of interlinear combinations by wool length

Отцовская форма / Paternal line	Материнская форма / Maternal line					
	80077	1128	20832	0173	65204	82104
884	-0,16	0,24	-0,96	-0,96	-0,66	-0,96
80077	–	-0,17	-0,17	0,73	-0,17	-0,57
1128	0,04	–	-1,06	-0,46	0,04	-0,56
20832	1,01	-0,39	–	1,31	0,51	-0,69
0173	2,28	-0,62	0,48	–	-0,62	-0,62
65204	0,49	0,39	0,99	0,89	–	-0,31
82104	0,96	1,56	1,06	-0,04	0,16	–

Согласно данным, приведенным в таблице 4, отцовские формы линий №№ 82104 и 65204 практически по всем комбинациям способствуют проявлению положительных эффектов СКС по длине шерстных волокон кроме межлинейных кроссов 82104×0173 и 65204×82104. Отцовская форма линии 0173 в кроссах 0173×20832 и 0173×80077 оказала положительный эффект СКС по признаку длины шерстных волокон, а в остальных изучаемых кроссах — отрицательные. Отцовская форма линии 20832 оказала положительный эффект СКС в межлинейных сочетаниях 20832×65204, 20832×0173 и 20832×80077. Использование отцовской формы 1128 практически не оказало положительного эффекта СКС; ту же закономерность сохраняют и отцовские формы линий №№ 80077 и 884, включая межлинейные сочетания 80077×0173 и 884×1128.

В таблице 5 приведен анализ различий специфической комбинационной способности межлинейных сочетаний по показателю тонины шерстных волокон у ярок цигайской породы.

Согласно данным таблицы 5, в целом сохраняется аналогичная закономерность с показателями вариаций специфической комбинационной способности по длине шерстных волокон. Данная закономерность обусловлена положительным уровнем сопряжения длины волокон шерсти и тонины. Аналогичную закономерность доказал в своих исследованиях целый ряд авторов [3, 7, 21, 26]. Объясняется этот факт аддитивным

действием генов одной из родительских форм, что усиливает развитие изучаемых признаков [11]. Однако отрицательный уровень корреляции между длиной и тониной отмечен у мериносовых пород овец в пределах $-0,08$ – $-0,39$ [4]. Авторы связывают этот факт с низкими коэффициентами наследуемости этих ценных признаков у породы «российский мясной меринос». Другими исследованиями установлено, что сопряжение длины и тонины шерсти у тонкорунных пород овец у молодняка формируется недостоверно отрицательным (в пределах от $-0,023$ до $-0,173$), в то время как у взрослого поголовья эти признаки проявлены на положительном и достоверном уровне от $0,34$ ($P < 0,05$) до $0,509$ ($P < 0,01$) [25].

Таблица 5 – Эффекты специфической комбинационной способности (СКС) межлинейных сочетаний по тонине шерстных волокон

Table 5 – Specific combining ability (SCA) effects of interlinear combinations by wool fibers thickness

Отцовская форма / Paternal line	Материнская форма / Maternal line					
	80077	1128	20832	0173	65204	82104
884	-0,36	0,21	-0,74	-0,64	-0,67	-0,69
80077	–	-0,07	-0,42	0,83	-0,62	-0,52
1128	-0,20	–	-1,00	-0,50	0,23	-0,40
20832	0,77	-0,08	–	1,17	0,42	-0,08
0173	1,72	-0,55	0,31	–	-0,45	-0,50
65204	0,57	0,42	0,72	0,57	–	0,07
82104	0,92	1,17	0,72	-0,32	-0,08	–

Такие противоречивые данные связаны со сложным процессом взаимодействия генотипа организма овец с внешней средой. Этот факт в разных природно-климатических регионах обуславливает уникальность воздействия на фенотип. Именно поэтому коэффициенты наследуемости и связанные с ним коэффициенты корреляции столь разнообразны [22]. Кроме того, положительные эффекты сопряженности изучаемых селекционных признаков у овец позволяют сохранить ценные свойства породы и применять их в дальнейшей работе по её совершенствованию [8].

В процессе создания селекционного ядра овец следует сочетать высокие уровни мясной и шерстной продуктивности: в этом случае следует добиваться увеличения живой массы на фоне сохранения настрига шерсти и уменьшения тонины волокон шерсти [18]. Комплексный подход в оценке продуктивных качеств овец занимает в последнее время решающее место в селекционно-племенной работе со стадами по линиям [5, 23, 27]. В оценке специфической комбинационной способности получен положительный эффект по всем изучаемым признакам получены в кроссах линий 884×1128 и 80077×0173 , по живой массе, длине и тонине волокон шерсти – у кроссов 1128×65204 , 65204×0173 и 82104×20832 . По всем трем показателям качества шерсти получены положительные эффекты у кроссов 0173×20832 , 65204×1128 , 65204×20832 и 82104×1128 .

Следовательно, отцовские формы линий 884 и 80077 дают преимущественно положительный эффект комбинационной способности по живой массе и настригу натуральной шерсти, в то время как остальные влияют достоверно на показатели качественных характеристик шерсти – длину и тонины волокон шерсти.

Выводы. Применение кроссов линий в цигайском овцеводстве является одним из основных методов совершенствования продуктивных показателей животных при чистопородном разведении. В цигайской породе овец выявлены следующие эффективные межлинейные кроссы, оказавшие улучшение продуктивных показателей как по жи-

вой массе, так и по качественным показателям шерсти: 884×1128 и 80077×0173. Выявлен эффект от использования отцовских форм линий №№ 884 и 80077 при межлинейных кроссах на улучшение живой массы и настрига натуральной шерсти у потомков F1. Улучшение качественных показателей шерсти отмечено у кроссов линий 0173×20832, 65204×1128, 65204×20832 и 82104×1128. Таким образом, в разведение, при кроссах линий в племенном овцеводстве, необходимо включать родительские пары, которые обладают положительным эффектом специфической комбинационной способности.

Библиографический список

1. Абонеев В. В., Колосов Ю. А. О проблемах сохранения племенных ресурсов овцеводства России // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 43-45.
2. Амерханов Х. А., Горлов И. Ф., Дунин И. М. Новые отечественные породы - залог надежного обеспечения населения России продуктами питания животного происхождения // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 1 (5). С. 8-13.
3. Билтуев С. И., Жиликова Г. М., Очинова Е. В. Некоторые физико-механические свойства шерсти овец бурятского типа Забайкальской породы в зависимости от тонины // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2017. № 4 (49). С. 31-39.
4. Ефимова Н. И., Антоненко Т. И., Шумаенко С. Н. Продуктивность и некоторые селекционно-генетические параметры стада овец породы российский мясной меринос СПК колхоза-племзавода им. Ленина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 7. С. 54-62.
5. Использование комплексного показателя продуктивности для оценки генетического потенциала овец разных генотипов / К. А. Катков [и др.] // Вестник аграрной науки. 2021. № 5 (92). С. 49-58.
6. Использование селекционных индексов при подборе родительских пар в овцеводстве / К. А. Катков [и др.] // Главный зоотехник. 2019. № 7. С. 30-37.
7. Корреляция хозяйственно полезных признаков у акжайкских мясо-шерстных овец / Б. Б. Траисов [и др.] // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2014. Т. 3. № 7. С. 118-123.
8. Куликова А. Я., Ульянов А. Н. Результаты селекции на повышение шерстной продуктивности овец Кубанского заводского типа породы Линкольн // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2018. Т. 7. № 3. С. 39-45.
9. Мильчевский В. Д. Цигайская порода овец и ее солнечный тип // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 1. С. 7-9.
10. Миссенс-мутации в кодирующей области генов GH и LEP, ассоциированные с признаками роста у овец породы советский меринос / Л. Н. Скорых [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 161-170.
11. Наследование и связь признаков продуктивности у мясошерстных овец разных генотипов / Б. Б. Траисов [и др.] // Главный зоотехник. – 2020. – № 7. – С. 12-20.
12. О некоторых аспектах развития овцеводства России и пути повышения эффективности его научного обеспечения / В. В. Абонеев [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 3 (7). С. 34-43.
13. Остапчук П. С., Емельянов С. А. Значение цигайских овец в мировой аграрной культуре и перспективы Крымского овцеводства (обзор) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (56). С. 98-104.
14. Остапчук П. С. Современные селекционные методы в свиноводстве // Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 1 (3). С. 57-62.
15. Оценка комбинационной способности линий сельскохозяйственных животных / И. Ф. Горлов [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 4(4). С. 15-21.
16. Применение прикладного программного обеспечения в селекции животных / Н. В. Михайлов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 85. С. 349-362.

17. Смагулов Д. Б. Селекционный дифференциал, интенсивность отбора и эффект селекции по живой массе в мясо-сальном овцеводстве // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. 2015. № 21. С. 107-109.
18. Совершенствование популяций тонкорунных овец в племенных хозяйствах Ставропольского края / С. Н. Шумаенко [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 4 (34). С. 88-91.
19. Современное состояние овец романовской породы в Ярославской области / М. М. Коренев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 2. С. 11-14.
20. Третьякова О. Л., Засемчук И. В., Овчинников Д. Д. Система управления селекционно-племенной работой в животноводстве // Национальная Ассоциация Ученых. 2020. № 62-1(62). С. 17-20.
21. Фенотипические корреляции и наследуемость признаков чистопородным и помесным молодняком с разной кровностью по австралийскому мясному мериносу / Е. Н. Чернобай [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6. С. 121-126.
22. Фенотипические корреляции и наследуемость признаков у овец русской длинношерстной породы различных типов / Е. А. Стебнева [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (32). С. 80-84.
23. Хамируев Т. Н., Волков И. Н., Базарон Б. З. Линейное разведение овец при создании нового типа забайкальской породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 64-74.
24. Хамируев Т. Н. Базарон Б. З., Волков И. В. Селекционные аспекты создания нового типа агинской породы овец // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 1(183). С. 115-124.
25. Хамируев Т. Н. Шерстная продуктивность и показатели качества шерсти у тонкорунных овец забайкальской породы хангильского типа // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 1. С. 38-40.
26. Цыренова В. В. Корреляция основных продуктивных признаков овец Забайкальской породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 1 (242). С. 56-62.
27. Шумаенко С. Н. Эффективность оценки племенной ценности овец Ставропольской породы // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2020. Т. 9. № 1. С. 76-79.
28. Model Of Tsigai Breed' Meat Quality Improvement In Pure Breeding / P. S. Ostapchuk [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No 3. P. 756-764.

Информация об авторах

Остапчук Павел Сергеевич, ведущий научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150) кандидат сельскохозяйственных наук, тел. +73652560007, e-mail: ostapchuk_p@niishk.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-35

THE EFFECT OF FEED AND WATER WITH AN ADJUSTED MOLECULAR STRUCTURE ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF THE BLOOD SERUM OF CLARY CATFISH

O. N. Rudneva, A. A. Vasiliev, A. V. Kudinov, M. Yu. Rudnev

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov», Saratov*

Received 14.02.2022

Submitted 00.00.2022

Summary

Information is provided on the impact of innovative hydrological developments in the field of high-energy physics on the biochemical parameters of blood serum of clary catfish grown in a closed water supply installation. The essence of these developments lies in the impact on the water in which fish is grown and on feed by crystal structures created by a group of Russian scientists. The energy of these

crystal structures has a beneficial effect on the biological activity of objects, improving their natural properties. During the experiment, the content of total bilirubin, enzymes Aspartate aminotransferase and Alanine aminotransferase, total protein, creatinine, glucose, urea, alkaline phosphatase, macronutrients (calcium and phosphorus) were studied. The biochemical parameters of the blood of fish of the control and experimental groups had significant differences in individual indicators, which can demonstrate the positive effect of feed with a modified molecular structure and biologically active fluid on the body of the clary catfish.

Abstract

Introduction. The relevance of this study lies in the fact that the reaction of the organism of catfish grown in recirculating water supply installations to feed and water with a modified structure has not yet been sufficiently studied, and therefore it is interesting to analyze the biochemical parameters of blood, taking into account these factors. Blood, as the most mobile system, reacts quite quickly to the action of various factors and, accordingly, is able to demonstrate the changes that occur in the body of fish, so its analysis is of great relevance. **Object.** Biochemical parameters of blood serum of clary catfish when exposed to feed and water with an adjusted molecular structure. **Materials and methods.** To conduct the experiment on the principle of analogues, 120 individuals of the clary catfish with an average weight of 20.0 g were selected and placed in four aquariums with a volume of 250 liters each. All aquariums were filled with water from the general city network, and in the aquariums of the 1st and 3rd experimental groups, hermetically sealed glass containers with water treated with high energy in the amount of 2 pieces were additionally installed. The energy from the treated water was transferred to the surrounding water in the aquarium. The treated water was replaced once every two weeks. The control and 1st experimental groups received control compound feed, and the 2nd and 3rd experimental groups received the same compound feed, but treated with high energy. Biochemical studies of blood serum were carried out in the middle and end of the experiment in the laboratory of the veterinary hospital, according to standard requirements, within 24 hours after receiving it from the fish body. Blood was taken from three standard individuals from each group (control and three experimental). Blood was taken from a hungry fish within 5-10 minutes after catching from the tail stump, mucus was removed, the skin was wiped with alcohol, then the tail stalk was cut off along the medial line behind the anal fin and blood was collected in test tubes. All statistical data were subjected to biometric processing. **Results and conclusions.** The results of the research show that the blood of fish from the control and experimental groups differed significantly in certain biochemical parameters, which most likely indicates a positive effect of feed and water with a modified molecular structure on the organism of catfish. Feeding the clary catfish with processed food maintains the biochemical parameters of the blood within optimal physiological boundaries. The obtained data state that the use of feed and water with an adjusted molecular structure in the experimental groups during the growing period allowed optimizing individual biochemical parameters of the blood, such as Aspartate aminotransferase, glucose, alkaline phosphatase, calcium. During the period of the experiment, a stable change in blood biochemical parameters was observed in all experimental groups. All this confirms the expediency of the use by fish farms of developments in the field of high-energy physics for the cultivation of clary catfish.

Key words: *clary catfish, adjusted molecular structure, compound feed, water, blood serum.*

Citation. Rudneva O. N., Vasiliev A. A., Kudinov A. V., Rudnev M. Yu. The effect of feed and water with an adjusted molecular structure on the biochemical parameters of the blood serum of clary catfish. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 280-290 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-35.

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 639.371.7

**ВОЗДЕЙСТВИЕ КОРМОВ И ВОДЫ СО СКОРРЕКТИРОВАННОЙ
МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
СЫВОРОТКИ КРОВИ КЛАРИЕВЫХ СОМОВ****О. Н. Руднева**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**А. А. Васильев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А. В. Кудинов**, кандидат ветеринарных наук, профессор**М. Ю. Руднев**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г. Саратов*

Дата поступления в редакцию 14.02.2022

Дата принятия к печати 00.00.2022

Аннотация. Приведена информация о воздействии воды и кормов со скорректированной молекулярной структурой на биохимические показатели крови клариевых сомов, выращенных в установке замкнутого водоснабжения. Суть данных разработок заключается в воздействии на воду, в которой выращивается рыба, и на корма структурами кристаллов, разработанными группой российских ученых. Измененная структура оказывает позитивное действие на биологическую активность объектов рыбоводства, совершенствует их природные качества. В ходе опыта исследовалось содержание общего билирубина, ферментов аспаратаминотрансферазы (АсТ) и аланинаминотрансферазы (АлТ), общего белка, креатинина, глюкозы, мочевины, щелочной фосфатазы, макроэлементов (кальция и фосфора). Показатели сыворотки крови рыб контрольной и опытных групп значительно отличались по некоторым показателям, что с большой долей вероятности демонстрирует положительное влияние кормов с измененной молекулярной структурой и биологически активной жидкости (БАЖ) на организм клариевого сома.

Актуальность данного исследования состоит в том, что реакция организма сомов, выращенных в УЗВ, на корма и воду с измененной структурой ещё недостаточно изучена, в связи с этим интересно проанализировать биохимические показатели крови с учетом данных факторов. Кровь как самая подвижная система, достаточно быстро реагирует на действие различных факторов и, соответственно, способна демонстрировать изменения, происходящие в организме рыб, поэтому ее анализ имеет большое значение. **Объект.** Биохимические показатели сыворотки крови клариевых сомов при воздействии на них кормов и воды со скорректированной молекулярной структурой. **Материалы и методы.** Для проведения эксперимента по методу групп-аналогов сформировали подопытные группы из 120 особей клариевого сома со средней массой 20,0 г и запустили их в четыре аквариума по 250 л каждый. Все аквариумы наполняли водой из городской сети, а в аквариумы 1-й и 3-й опытных групп дополнительно установили две герметично укупоренные стеклянные емкости с водой, обработанной высокой энергией. Энергия обработанной воды из герметичных емкостей сообщалась воде аквариума. Замену обработанной воды производили раз в две недели. Контрольной и 1-й опытной группам давали обычный комбикорм для сомов с размером гранул 4 мм, а 2-й и 3-й опытным группам тот же комбикорм, только обработанный структурами кристаллов. Биохимические исследования сыворотки крови проводились в середине и конце опыта в лаборатории ветеринарного госпиталя соответственно стандартным требованиям в течение 24 часов после получения ее из организма рыб. Кровь брали у трех стандартных особей из каждой группы (контрольной и трех опытных). Взятие крови производили у голодной рыбы в течение 5-10 минут после отлова из культи хвоста, обтирали слизь, обрабатывали кожу спиртом, отсекали хвостовой плавник и кровь собирали в предварительно подготовленные пробирки. Все статистические данные были подвергнуты биометрической обработке. **Результаты и выводы.** Результаты исследований показывают, что кровь рыб контрольной и опытных групп по отдельным биохимическим показателям существенно отличалась, что скорее всего свидетельствует о положительном влиянии кормов и воды с измененной молекулярной структурой на организм клариевого сома. Кормление клариевого сома обработанным кормом способствует сохранению биохимических показателей крови в допустимых

физиологических границах. Полученные данные свидетельствуют о том, что использование кормов и воды со скорректированной молекулярной структурой в опытных группах за период выращивания позволило оптимизировать отдельные биохимические показатели крови, такие как АсТ, глюкоза, щелочная фосфатаза, кальций. За период опыта стабильное изменение биохимических показателей крови происходило у особей всех опытных групп. Все это подтверждает целесообразность применения рыбоводными хозяйствами кормов и воды с измененной молекулярной структурой для эффективного содержания клариевых сомов.

Ключевые слова: клариевые сомы, скорректированная молекулярная структура, кормление сомов, сыворотка крови сомов.

Цитирование. Руднева О. Н., Васильев А. А., Кудинов А. В., Руднев М. Ю. Воздействие кормов и воды со скорректированной молекулярной структурой на биохимические показатели сыворотки крови клариевых сомов. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 280-290. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-35.

Авторский вклад. Все авторы данного исследования непосредственно участвовали при планировании, осуществлении и его анализе. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одновременно с ростом мировой потребности в рыбной продукции активно развивается аквакультура. В связи с этим большое внимание уделяется индустриальному производству рыбы [9]. Клариевый сом неприхотлив в выращивании и вполне подходит в качестве объекта индустриального производства, чему в немалой степени способствует высокая энергия роста, плодовитость и устойчивость к факторам внешней среды при транспортировке [3, 10]. В процессе индустриального выращивания рыбы первостепенное внимание уделяется ее физиологическому состоянию из-за высоких плотностей содержания [2, 8]. Важное условие эффективного рыбоводства представляет тщательный контроль физиологического состояния объектов выращивания. Реакция организма сомов, выращенных в УЗВ, на корма и воду с измененной структурой ещё недостаточно изучена, в связи с этим интересно проанализировать биохимические показатели крови с учетом данных факторов. Кровь, как самая подвижная система, достаточно быстро реагирует на действие различных факторов и способна демонстрировать изменения, происходящие в организме рыб, поэтому ее анализ имеет такое важное значение [12, 13].

Вследствие этого для представления завершенной картины физиологического состояния сомов и реакции их организма на введение в рацион кормов с измененной молекулярной структурой и биологически активной жидкости были выполнены исследования биохимических свойств крови [5, 7].

Предварительно было исследовано влияние комбикорма и воды с измененной молекулярной структурой на сохранность и ихтиомассу, а также мышечную ткань клариевого сома. Измененная молекулярная структура кормов и воды позитивно действует на биологическую активность объектов рыбоводства, совершенствуя их природные качества. Результаты эксперимента свидетельствуют, что, имея сходную начальную живую массу, рыба, получавшая комбикорма и выращиваемая в воде со скорректированной молекулярной структурой, увеличила свою ихтиомассу (таблица 1). Наибольший прирост был получен от сомов 3-ей опытной группы при наилучшей конверсии корма и сохранности поголовья [1].

Из данных таблицы 1 заметно, что наиболее интенсивный прирост ихтиомассы наблюдался в 3-й опытной группе, где он достиг 5860,0 г, превысив на 10 % контрольную. Также и 2-я опытная группа, получавшая опытный комбикорм, показала больший

прирост ихтиомассы, чем 1-я, получавшая контрольный комбикорм. В контрольной группе была отмечена самая низкая сохранность поголовья, составившая 62,5 %, во 2-й опытной – 83,3 %, в 3-й опытной – 80,8 %.

Таблица 1 – Общая ихтиомасса рыбы, г / Table 1 – Total ichthyomass of fish, g

Период, нед.	Группы			
	контроль	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
1	480,0	424,0	480,0	500,0
5	1900,0	2060,0	2020,0	2228,0
9	3060,0	4180,0	3800,0	4020,0
15	4300,0	3539,7	3940,0	4360,0
20	5827,5	5220,0	5332,5	6360,0
Прирост, г	5347,5	4796,0	4852,5	5860,0
Сохранность, %	62,5	95,2	83,3	80,8

Выполненные исследования подтвердили позитивное воздействие энергии кристаллических структур на формирование мышечной ткани рыб и ее химический состав (рисунок 1) [7].

Целью данной работы было исследование воздействия инновационных разработок по молекулярному структурированию воды и кормов на биохимические показатели крови клариевого сома. Суть данных разработок содержится в обработке воды для выращивания рыбы и кормов структурами кристаллов, разработанными группой российских ученых. Энергия таких кристаллических структур позитивно воздействует на биологическую активность объектов рыбоводства, совершенствуя их природные качества.

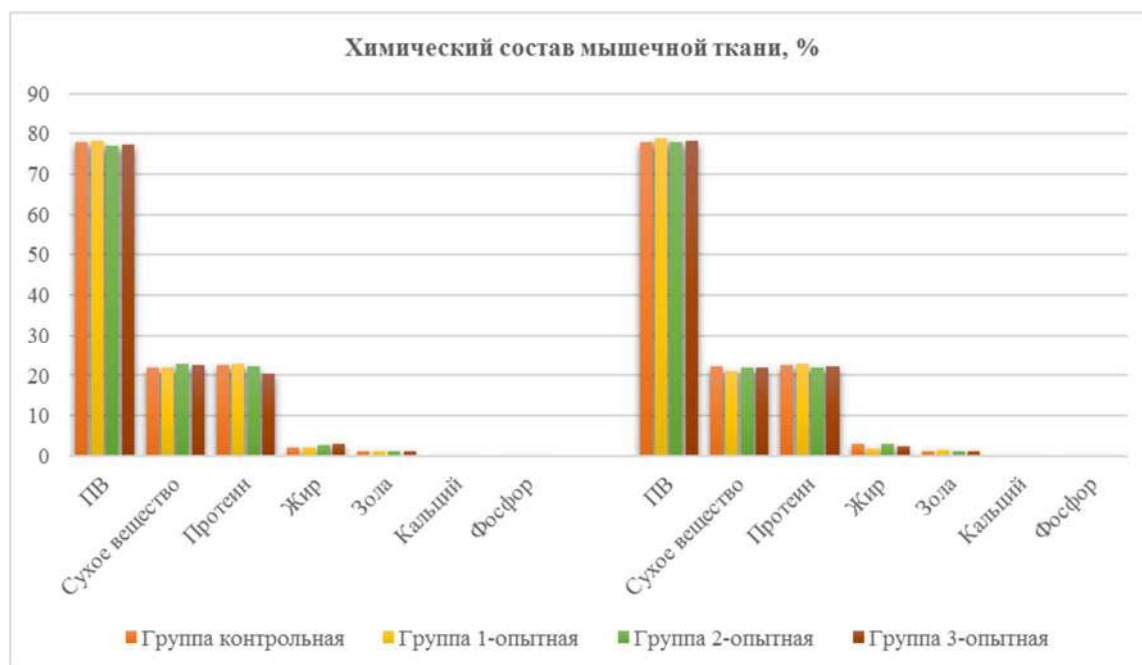


Рисунок 1 – Изменения состава мышечной ткани клариевого сома в результате опыта

Figure 1 – Changes in the composition of the muscle tissue of the clarium catfish as a result of the experiment

Материалы и методы. Эксперимент выполнялся в ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ по схеме, представленной в таблице 2.

Таблица 2 - Схема опыта / Table 2 - Scheme of experience

Группы	Число рыб	Условия эксперимента
Контроль	30	Обычная вода + контрольный комбикорм
1-я опытная	30	Опытная вода + контрольный комбикорм
2-я опытная	30	Обычная вода + опытный комбикорм
3-я опытная	30	Опытная вода + опытный комбикорм

Для проведения эксперимента по методу групп-аналогов сформировали подопытные группы из 120 особей клариевого сома со средней массой 20,0 г и запустили их в четыре аквариума по 250 л. Условия водообмена и термического режима были одинаковы для всех групп. В аквариумах были устроены посредством УФ-лампы, обеспечивающие обеззараживание воды, и независимая система фильтрации. Все аквариумы наполняли водой из городской сети, однако в аквариумы 1-й и 3-й опытных групп дополнительно были установлены две герметично укупоренные стеклянные емкости с водой, обработанной высокой энергией. Энергия от обработанной воды сообщалась воде аквариума. Замену обработанной воды производили раз в две недели. Во время опыта рыбу кормили трижды в день. Контрольной и 1-й опытной группам давали обычный комбикорм для сомов с размером гранул 4 мм, а 2-й и 3-й опытным группам – тот же комбикорм, обработанный структурой кристаллов.

Суточную норму корма определяли согласно общепринятой методике, принимая во внимание температуру воды, содержание в ней растворенного кислорода и массу рыбы [4].

Биохимические исследования сыворотки крови проводились в середине и конце опыта в лаборатории ветеринарного госпиталя соответственно стандартным требованиям в течение 24 часов после получения ее из организма рыб. Кровь брали у трех стандартных особей из каждой группы (контрольной и трех опытных). Взятие крови производили у голодной рыбы в течение 5-10 минут после отлова из культи хвоста, обтирали слизь, обрабатывали кожу спиртом, отсекали хвостовой плавник и кровь собирали в предварительно подготовленные пробирки. Все статистические данные были подвергнуты биометрической обработке.

Результаты и обсуждение. У разных видов рыб, исходя из особенностей среды обитания и образа жизни, биохимическая картина крови различная. Часто наблюдается изменение показателей внутри одного вида, обусловленное сезоном года, условиями содержания, возрастом, полом, состоянием особей и другими факторами. Биохимия крови показывает функциональное состояние органов и систем организма, данный метод эффективно используют для диагностики физиологического состояния [11, 14].

Во время опыта определяли содержание общего билирубина, ферментов аспаратаминотрансферазы (АсТ) и аланинаминотрансферазы (АлТ), общего белка, креатинина, глюкозы, мочевины, щелочной фосфатазы, макроэлементов (кальция и фосфора) (рисунки 2-3).

Количество билирубина в плазме крови анализируется для оценки функционального состояния печени.

У рыб подопытных групп общий билирубин значительно отличался (6,87 мкмоль/л, 8,83 мкмоль/л, 9,00 мкмоль/л и 7,10 мкмоль/л). За два периода исследований максимальное значение было отмечено у рыб 2-й опытной группы 9,00 мкмоль/л и 10,67 мкмоль/л.

Избыток активности АсТ (аспартатаминотрансферазы) фермента свидетельствует о достаточно узком круге патологических состояний. У здоровых рыб количество этого фермента в плазме минимально и не превышает норму.

Содержание АсТ по контрольной и 3-й опытной группам существенно отличалось (76,67 ед./л, 40,00 ед./л соответственно), в 1-ой и 2-ой опытной группах были почти идентичны 58,47 ед./л и 58,23 ед./л. Максимальный уровень активности АсТ за оба периода исследований наблюдался по контрольной группе и составил 76,67 ед./л и 67,23 ед./л. Повышенная активность фермента АсТ у рыб контрольной группы свидетельствует о том, что адаптивность и стрессоустойчивость у них меньше, в сравнении с опытными группами.

АлТ (аланинаминотрансфераза) являясь эндогенным ферментом, синтезируется внутриклеточно. Повышенное содержание АлТ в биохимическом анализе свидетельствует о ряде отклонений в организме и развитии серьезных заболеваний.



Рисунок 2 – Биохимические показатели сыворотки крови клариевого сома в середине опыта

Figure 2 – Biochemical parameters of the blood serum of the clariid catfish in the middle of the experiment

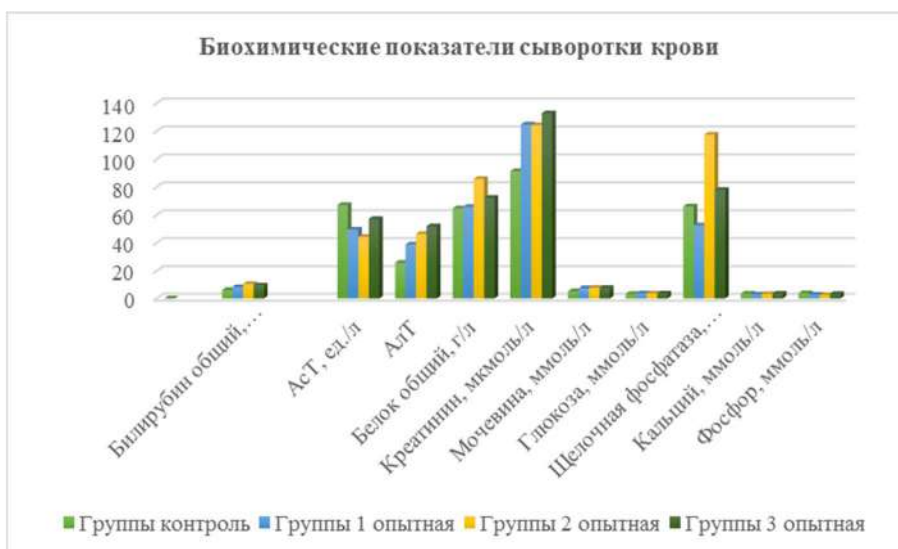


Рисунок 3 – Биохимические показатели сыворотки крови клариевого сома в конце опыта

Figure 3 – Biochemical parameters of the blood serum of the clariid catfish at the end of the experiment

В результате анализа отмечено незначительное колебание количества АлТ по контрольной и опытным группам 30,80 ед./л, 37,30 ед./л, 33,57 ед./л, 27,87 ед./л соответственно. По результатам второго исследования можно отметить увеличение значения АлТ во всех группах кроме контрольной, где этот показатель снизился с 30,80 ед./л до 25,87 ед./л.

Соотношение АсТ / АлТ показывает тяжесть повреждения органов и нормальное значение для этого коэффициента 1,3 – 1,75 ед./л [2]. У контрольных рыб коэффициент де Ритиса составил за два периода исследования 2,49 ед./л и 2,60 ед./л, превысив максимальное значение нормы на 0,85 ед./л, что возможно связано с большим травматизмом. У сомов 1-й опытной группы – 1,57 ед./л и 1,27 ед./л, 2-й опытной группы – 1,73 ед./л и 0,95 ед./л, 3-ей опытной группы – 1,44 ед./л и 1,10 ед./л соответственно.

Общий белок крови принимает активное участие в свертывающей системе, в иммунной защите организма.

Креатинин является показателем работы мочевыделительной и мышечной систем.

Количество общего белка крови рыб контрольной, 1-й и 3-й опытных групп находилось почти на одном уровне (68,00 г/л, 67,73 г/л и 67,90 г/л). Из общей картины выделяется результат 2-й опытной группы 77,13 г/л.

Высокие значения показателей общего белка в сыворотке крови могут объясняться большим потенциалом белкового обмена в условиях УЗВ, так как велика нагрузка интенсивного кормления и высоких плотностей содержания рыбы [6].

Аналогичная ситуация прослеживается и по креатинину – 104,73 мкмоль/л, 117,27 мкмоль/л, 132,53 мкмоль/л, и выбивается значение показателя по 2-й опытной группе – 79,57 мкмоль/л.

Исследования второго периода показали максимальные значения по общему белку и креатинину в 3-ей опытной группе, их значения за два периода исследований составили по общему белку – 77,13 г/л и 85,83 г/л, по креатинину – 132,53 мкмоль/л и 132,83 мкмоль/л.

Для оценки функций почек необходимо определять концентрацию азота мочевины. Показатель мочевины у рыб всех подопытных групп был практически одинаковым (5,27 ммоль/л, 5,93 ммоль/л, 5,77 ммоль/л и 5,03 ммоль/л соответственно). За второй период исследований значение показателя мочевины увеличилось в 1 – 3-й опытных группах больше, чем на 2 ммоль/л, а в контрольной группе немного уменьшилось.

Ключевой источник энергии для любого организма представляет глюкоза. Ее уровень в крови рыб 1-й опытной и контрольной групп (4,13 ммоль/л, 3,70 ммоль/л) был немного выше, по сравнению с рыбами 2-й и 3-й опытных групп (3,27 ммоль/л и 3,10 ммоль/л). В 1-й опытной группе было отмечено максимальное значение данного показателя за весь период наблюдений 4,13 ммоль/л и 3,70 ммоль/л, что свидетельствует о более высоком уровне углеводного обмена.

Показатель «щелочная фосфатаза» используется для диагностики болезней костей, печени и некоторых заболеваний сердца.

По содержанию щелочной фосфатазы в сыворотке крови прослеживается отличие между контрольной и всеми опытными группами (контрольная – 71,37 ед./л, 1-я – 61,43 ед./л, 2-я – 62,60 ед./л и 3-я – 63,70 ед./л). В 1-й опытной группе наблюдался минимальный показатель щелочной фосфатазы 61,43 ед./л и 52,60 ед./л за период исследований. Меньшее значение показателя щелочная фосфатаза подтверждает лучшее физиологическое состояние рыб опытных групп.

Кальций крови – важный лабораторный показатель, поскольку принимает участие в сокращении мышц, в реакции свертывания крови и образования сгустка, активизирует деятельность некоторых ферментов и гормонов.

Значение кальция в крови рыб контрольной, 1-й, 2-й и 3-й – опытных групп было практически на одном уровне (2,87 ммоль/л, 2,87 ммоль/л, 2,63 ммоль/л и 2,47 ммоль/л соответственно). За время эксперимента значение показателя выросло во всех группах, преимущественно в 3-й опытной на 1,0 ммоль/л, с 2,47 ммоль/л до 3,47 ммоль/л. Увеличение содержания кальция в крови рыб 3-й опытной группы, также благоприятно отражается на физиологическом состоянии сомов.

При снижении содержания фосфора в крови ухудшается обеспеченность организма энергетическими ресурсами, из-за чего существенно нарушается обмен энергии в клетках.

Количество фосфора в крови сомов 2-й и 3-й опытных групп было несколько меньше (2,33 ммоль/л и 2,43 ммоль/л), по сравнению с особями из контрольной и 1-й опытной групп (3,30 ммоль/л и 3,10 ммоль/л). Максимальное значение по фосфору отмечено в контрольной группе 3,30 и 3,77 ммоль/л, при этом за исследуемый период этот показатель увеличился во всех группах, за исключением 1-й опытной группы.

Данные проведенного эксперимента свидетельствуют о существенных отличиях биохимических показателей крови рыб контрольной и опытных групп по отдельным показателям, свидетельствующим о положительном влиянии кормов и воды с измененной молекулярной структурой на организм клариевого сома. Кормление клариевого сома обработанным кормом способствует поддержанию биохимических показателей крови в допустимых физиологических границах.

Выводы. Полученные данные констатируют, что использование кормов и воды со скорректированной молекулярной структурой в опытных группах за период выращивания позволило оптимизировать отдельные биохимические показатели крови, такие как АсТ, глюкоза, щелочная фосфатаза, кальций. За период опыта стабильное изменение биохимических показателей крови было отмечено во всех опытных группах.

Все это подтверждает целесообразность применения рыбоводными хозяйствами воды и кормов с измененной молекулярной структурой для эффективного содержания клариевых сомов.

Библиографический список

1. Влияние комбикорма и воды с измененной молекулярной структурой на рост и сохранность клариевого сома / А. А. Васильев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 5. С. 50-52.
2. Гулиев Р. А., Мелякина Э. И. Некоторые биохимические показатели крови рыб дельты Волги // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С. 85-90.
3. Денисенко О. С. Садковое выращивание африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на территории Краснодарского края // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2014. Том. 1. № 5. С. 117-120.
4. Мухаметшин С. С. Морфобиохимические показатели крови карпа при выращивании в садках // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2018. № 3. С. 15-17.
5. Поддубная И. В., Васильев А. А. Рекомендации по использованию органического йода в кормлении рыб, выращиваемых в промышленных условиях. Саратов, 2017. 46 с.
6. Пронина Г. И., Артеменков Д. В., Петрушин А. Б. Сравнительная характеристика сомов разных видов по гематологическим и биохимическим показателям // Труды ВНИРО. Аквакультура. 2017. Том 165. С. 111-117.
7. Руднева О. Н. Влияние инновационных гидрологических разработок на химический состав мышечной ткани клариевых сомов // Рыбное хозяйство. 2020. № 5. С. 93-96.
8. Савина Л. В. Показатели крови клариевого сома (*Clarias Gariepinus*) из установки замкнутого водоснабжения // Известия КГТУ. 2019. № 55. С. 103-110.
9. Семькина А. С., Васильев А. А., Поддубная И. В. Эффективность использования иммуномодулирующего препарата в кормлении осетровых рыб при выращивании в установке замкнутого водоснабжения // Аграрный научный журнал. 2018. № 9. С. 47-49.

10. Ahmed A. The effects of some commercial probiotics as water additive on water quality, fish performance, blood biochemical parameters, expression of growth and immune-related genes, and histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) // *Aquaculture*. 2022. Vol. 546. 737249.

11. Demir T., Mutlu E. Physicochemical water quality of Karabel, Çalti, and Tohma brooks and blood biochemical parameters of *Barbus plebejus* fish: assessment of heavy metal concentrations for potential health risks // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2021. Vol. 193. 755.

12. Imtiaz A., Zubair A. S. Hematological and serum biochemical parameters of five freshwater snow trout fish species from river Jhelum of Kashmir Himalaya, India // *Comparative Clinical Pathology*. 2019. V. 28. P. 771–782.

13. Hosseini Shekarabi S. P. Effect of Black Mulberry (*Morus nigra*) Powder on Growth Performance, Biochemical Parameters, Blood Carotenoid Concentration, and Fillet Color of Rainbow Trout // *Annals of Animal Science*. Kraków. 2020. Vol. 20. No. 1. P. 125–136.

14. Sarsembayeva N. B. Effect of feed additive “Ceobalyk” on the biological and microbiological parameters of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) // *Veterinary World*. 2021. V. 14 (3). P. 669–677.

Информация об авторах:

Руднева Оксана Николаевна, доцент кафедры «Кормление, зоогигиена и аквакультура» факультета ветеринарной медицины пищевых и биотехнологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, ул. Соколова, 335), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. **E-mail:** rudnevmu@yandex.ru

Васильев Алексей Алексеевич, член экспертного совета ВАК при Министерстве образования и науки России по зоотехническим и ветеринарным наукам, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и кормопроизводство» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина» (109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. **E-mail:** alekseyvasiliev@yandex.ru

Кудинов Александр Валентинович, ветеринарный врач УНЦ “Ветеринарный госпиталь” Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, ул. Соколова, 335), кандидат ветеринарных наук, профессор. **E-mail:** kudinovav@sgau.ru

Руднев Максим Юрьевич, доцент кафедры «Проектный менеджмент и внешнеэкономическая деятельность в АПК» факультета экономики и менеджмента Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, ул. Соколова, 335), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. **E-mail:** rudnevmu@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-36

PHYSIOLOGICAL AND METABOLIC SIGNIFICANCE OF PHYTOBIOTICS IN RUMINANTS (REVIEW)

E. Yu. Tsis

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Research Center –
All-Russian Institute of Animal Husbandry named after L.K. Ernst», Moscow*

Received 11.02.2022

Submitted 13.05.2022

*The presented materials were prepared as part of the implementation of research in 2022
on the topic of the state task 0445-2021-0002*

Abstract

Introduction. In recent years, the use of plant extracts in the diet of farm animals that stimulate vital functions of the body to prevent the negative effects associated with modern technologies of keeping animals in livestock complexes has great research interest. In addition, despite the release of new anti-

biotic drugs, the use of optimal treatment regimens for diseases of cattle of various etiologies, as well as complications caused by them, is still the most difficult and intractable problem in animal husbandry. In this regard, there is a need to study the effectiveness of the use of herbal components that do not cause drug resistance and have antimicrobial ability, while ensuring the normalization of metabolism, increasing and preserving the beneficial intestinal microflora to obtain organically safe products. The purpose of this review is to assess the current state of the effectiveness of the use of plant components on physiological processes, metabolism, productivity of cattle. **Materials and methods.** Based on the analysis of peer-reviewed scientific publications of leading Russian (<https://www.elibrary.ru>) and foreign databases (Scopus, Web of Science Core Collection, Viley Online Library), databases of abstracts and dissertations (disserCat), monographs, recommendations using the generally accepted method of consolidating data from a number of different studies studying the composition, properties of plant components, as well as modern scientific developments were analyzed: comparative and economic-statistical analysis and generalization of the use of these components in the feeding of ruminants. **Results and conclusions.** The possibilities of using plant components are diverse, despite the significant difference in the chemical composition of extracts from different plant segments, they showed similar but significant antibacterial effects against gram-positive and gram-negative bacteria, which emphasizes the importance of their use for the treatment of various bacterial infections and justify their widespread use as normalization of the microflora of the gastrointestinal tract, increasing the body's resistance. Their use does not entail as many serious dangers as the use of antibiotics. Plant components and their wider practical application will undoubtedly become the subject of further research and will be crucial, proving mainly the effectiveness of their use, as well as safety in relation to animal health, the quality of animal products and the environment.

Key words: *animal feeding, phytobiotics, plant extracts, metabolism, resistance, productivity.*

Citation. Tsis E. Yu. Physiological and metabolic significance of phytobiotics in ruminants (review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 290-298 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-36.

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

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

УДК 636.087.7/.8+636.085.25

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕТАБОЛИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФИТОБИОТИКОВ В КОРМЛЕНИИ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ (ОБЗОР)

Е. Ю. Цис, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр – ВИЖ им. Л. К. Эрнста, г. Москва

Дата поступления в редакцию 11.02.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

*Представленные материалы подготовлены в рамках выполнения НИР 2022 г.
по теме государственного задания 0445-2021-0002*

Актуальность. В последние годы применение в составе рациона сельскохозяйственных животных растительных экстрактов, стимулирующих жизненно важные функции организма для предотвращения негативного влияния, связанного с современными технологиями содержания животных в условиях животноводческих комплексов, имеет большой исследовательский интерес. Кроме этого, несмотря на выпуск новых антибиотических препаратов, применение оптимальных схем лечения при заболеваниях крупного рогатого скота различной этиологии, а также лечение осложнений, вызываемых этими препаратами, по-прежнему являются наиболее сложной и трудноразрешимой проблемой в животноводстве. В этой связи возникает необходимость изучения эффективности применения растительных компонентов, не вызывающих лекарственной устойчивости и обладающих антимикробной способностью и при этом обеспечи-

вающих нормализацию обмена веществ, увеличение и сохранение полезной микрофлоры кишечника для получения экологически безопасной продукции. **Целью** настоящего обзора является оценка современного состояния эффективности применения растительных компонентов на физиологические процессы, метаболизм, продуктивность крупного рогатого скота. **Материалы и методы.** На основе анализа рецензируемых научных публикаций ведущих российских (<https://www.elibrary.ru>) и зарубежных баз данных (Scopus, Web of Science Core Collection, Wiley Online Library), базы данных авторефератов и диссертаций (dissertCat), монографий, рекомендаций с применением общепринятого метода консолидации данных ряда различных исследований, изучающих состав, свойства растительных компонентов, а также современных научных разработок были проведены анализы: сравнительный и экономико-статистический и обобщение результатов использования этих компонентов в кормлении жвачных животных. **Результаты и выводы.** Возможности использования растительных компонентов разнообразны. Несмотря на существенную разницу в химическом составе экстрактов из разных сегментов растений, они проявляли сходные, но значительные антибактериальные эффекты в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, что подчеркивает важность их применения для лечения различных бактериальных инфекций и обосновывают широкое применение в качестве нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, повышения резистентности организма. Их применение не влечет за собой столь серьезных последствий, как применение антибиотиков. Растительные компоненты и их более широкое практическое применение, несомненно, станут предметом дальнейших исследований и будут иметь решающее значение, доказывая главным образом эффективность их применения, а также обеспечивая безопасность в отношении здоровья животных, качества продуктов животного происхождения и окружающей среды.

Ключевые слова: кормление жвачных животных, фитобиотики, растительные экстракты, метаболизм жвачных животных.

Цитирование. Цис Е. Ю. Физиологическое и метаболическое значение фитобиотиков в кормлении жвачных животных (обзор). *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 290-298. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-36.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние годы применение в составе рациона сельскохозяйственных животных растительных экстрактов, стимулирующих жизненно важные функции организма для предотвращения негативного влияния, связанного с современными технологиями содержания животных в условиях крупных животноводческих комплексов имеет большой исследовательский интерес [1]. Воздействие ряда технологических факторов приводит к увеличению нагрузки на адаптационные способности организма сельскохозяйственных животных, которые сопровождаются значительным физиологическим и метаболическим нарушениям и, как следствие, снижаются качественные показатели получаемой животноводческой продукции [2].

Одним из направлений современной науки является производство и использование растительных биоактивных компонентов в качестве натуральных кормовых лечебно-профилактических добавок, полученных биотехнологическим путем для кормления сельскохозяйственных животных. Значение ароматических растений в животноводческой промышленности стимулировало научный интерес исследовать эфирные масла, получаемые из этих растений, и их биологические свойства для альтернативной замены антибиотиков с целью снижения воздействия на окружающую среду и обеспечения

экономичного производства продуктов животноводства [3, 4]. Кроме этого, несмотря на выпуск новых лекарственных препаратов и оптимальных схем лечения с применением антибиотических препаратов микробиологического синтеза при заболеваниях органов дыхания и желудочно-кишечного тракта молодняка крупного рогатого скота, а также осложнений, вызываемых этими препаратами, по-прежнему являются наиболее сложной и трудноразрешимой проблемой в животноводстве [14]. В этой связи возникает необходимость изучения эффективности применения растительных компонентов, не вызывающих лекарственной устойчивости и обладающих антимикробной способностью, при этом обеспечивающих нормализацию обмена веществ, увеличение и сохранение полезной микрофлоры кишечника для получения экологически безопасной продукции в соответствии с Федеральным законом от 01.01.2020 г. № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». **Целью** настоящего обзора является оценка современного состояния эффективности применения растительных компонентов на физиологические процессы, метаболизм, продуктивность крупного рогатого скота.

Материалы и методы. На основе анализа рецензируемых научных публикаций ведущих российских (<https://www.elibrary.ru>) и зарубежных баз данных (Scopus, Web of Science Core Collection, Viley Online Library), базы данных авторефератов и диссертаций (disserCat), монографий, рекомендаций с применением общепринятого метода консолидации данных ряда различных исследований, изучающих состав, свойства растительных компонентов, а также современных научных разработок, были проведены анализы: сравнительный и экономико-статистический, обобщение результатов использования этих компонентов в кормлении жвачных животных. С помощью поиска по базам данных в метанализ были включены в общей сложности 27 исследований, на 1789 коровах. Экспериментальные дозы растительных компонентов в исследованиях варьировали 0,5 мг до 40 г/кг СВ рациона. Около 45 % изученных экспериментов были проведены с использованием побочных продуктов, содержащих растительные экстракты, в то время как 55 % исследований добавляли в состав рациона непосредственно сами экстракты.

Результаты и обсуждение. На отрасль скотоводства влияет ряд как внешних, так и внутренних факторов, одним из них является сбалансированное кормление животных. Значительный интерес представляют растительные компоненты, которые в зависимости от действия биологически активного вещества, выделенного из растения многофункциональны и могут использоваться в кормлении молочного скота как противомикробные, противовоспалительные, антиоксидантные средства, поскольку они усиливают ряд важных процессов в организме животных. Растительные компоненты с помощью их специфически эффективных веществ могут быть включены в число кормовых добавок, оказывающих положительное влияние на качество корма, здоровье животных, животноводческую продукцию. По биологическому происхождению различают следующие группы растительных компонентов: органолептические (влияющие на запах и вкусовые качества корма, красители), технологические (антиокислители, вещества снижения контаминации микотоксинами кормов, и т. д.), зоотехнические (иммуномодуляторы, пищеварительные стимуляторы, стимуляторы роста немикробного происхождения, вещества, увеличивающие продуктивность или качество получаемой продукции, и т. д.), при этом сообщается, что они могут также восполнять дефицит микроэлементов и витаминов. Однако следует учесть, что растительные компоненты оказывают более одного положительного эффекта и не могут быть строго отнесены только к одной из указанных групп [4]. Ряд работ авторов указывает, что биологическое свойство растительного экстракта зависит от времени сбора, фазы цвете-

ния, используемой части растения (стебель, корень, лист), географической зоны прорастания, метода получения (экстракция/дистилляция и стабилизация), дозировки и совместимости с кормовыми ингредиентами рациона [17].

Механизм действия эфирных масел не очень хорошо известен, но, по мнению некоторых авторов, эфирные масла могут действовать через различные биологические механизмы; например, на уровне клеточной мембраны микроорганизмов, объясняя их антимикробные свойства [7] или путем отбора и ингибирования микроорганизмов рубца для сокращения выбросов метана [8].

Современные системы животноводства с применением высококонцентрированных рационов для обеспечения высокой продуктивности и интенсивности роста молодняка оказывают негативное влияние на популяцию микроорганизмов в рубцовом содержимом. По мнению многих исследователей, с помощью эфирных масел можно регулировать микробиологическую ферментацию в кишечнике с целью улучшения использования питательных веществ и снижения воздействия внешних факторов на окружающую среду [7-9].

В молочной и мясной отрасли пищевой промышленности существует заинтересованность в использовании растительных экстрактов: карвакрола, тимола, циннамальдегида и эвгенола. Установлено, что тимол и карвакрол из-за их фенольной структуры могут разрушать клеточную мембрану микроорганизмов, а антимикробная активность циннамальдегида, скорее всего, обусловлена реакционной способностью его карбонильной группы и взаимодействием с белками [7]. Известны также и другие сочетания растительных компонентов, применение которых способствовало повышению иммунитета, приростов живой массы, увеличению сохранности молодняка [7, 13, 16].

Однако большой практический интерес среди растительных компонентов в молочном скотоводстве имеет корица, основными соединениями которой являются коричная кислота, циннамальдегид и эвгенол [17]. Представленные данные по использованию вышеуказанных соединений свидетельствуют об иммуномодулирующем, противовирусном действии. Также предполагается, что экстракты корицы могут оказывать антигипергликемическое действие и улучшать кровяное давление [17, 18].

На отечественном рынке растительных экстрактов производится препарат Интебио@Форте («БИОТРОФ», Россия), представляющий смесь эфирных масел и отобранных фракций фитонцидов. Преимуществом данного фитобиотического препарата в кормлении высокопродуктивных коров было значительное улучшение показателей конверсии корма, развитие в рубцовом содержимом целлюлозолитических и амилолитических микроорганизмов, что позволило снизить риск развития лактатного ацидоза и увеличить продуктивность животных [1].

В последние десятилетия исследования с использованием растительных добавок коры корицы, содержащей как эфирное масло, так и водную фазу продемонстрировали положительное влияние в новотельный период у высокопродуктивных коров за счет улучшения ферментации в рубце, и большего количества пропионата, а также восполнения дефицита глюкозы. Anderson et al. (2004) полагают, что водные экстракты корицы особенно перспективны с точки зрения улучшения метаболического стресса [13]. Однако у жвачных животных неизвестны ни биодоступность, ни фармакокинетика соединений корицы. Hallier et al. (2013) изучали влияние переноса соединений корицы в молоко при пероральном введении 60 и 120 мг циннамальдегида/гол./сутки в течение 4 недель, при этом концентрация циннамальдегида в крови была ниже порога обнаружения (50 мкг/л), что не исключает того, что соединения корицы и образующиеся из них метаболиты действительно попадают в кровоток. Эти результаты согласуются с ранее опубликованными результата-

ми Ferme et al. (2007), которые сообщают, что в молоке коров, получавших эфирные масла циннамальдегида и диаллилдисульфида при пероральном введении, не было обнаружено остатков [10]. McPhee et al., (2011) в исследовании, проведенном на молочных козах с применением инъекций тимола, изучали выведение растительного компонента эфирного масла из молока. Авторами установлено, что все остатки тимола выводились в течение 24 часов. Эти данные также подтверждаются данными, полученными Peters and Caldwell (1994), которые сообщают, что циннамальдегид, карвакрол, тимол и их метаболиты почти полностью выводятся с мочой после полного метаболизма и в моче не остается ни одного исходного соединения. Более того, они установили, что это выведение в основном происходит в первые 24 часа, а их элиминация происходит в течение первых 24 ч и завершается через 48 ч. [7, 10].

Wall E. H. и др. (2014) в опытах на голштинизированных высокопродуктивных коровах изучали эффективность применения различных уровней инкапсулированной смеси коричневого альдегида и эвгенола на показатели молочной продуктивности в разные стадии лактации. Авторы сообщают, что скормливание 350 мг/гол./сут. смеси экстрактов во вторую фазу лактации стимулировало процессы пищеварения, при этом отмечено незначительное увеличение продуктивности. Тогда как скормливание повышенных уровней (400; 600 мг/гол./сут.) инкапсулированной смеси коричневого альдегида и эвгенола в первую фазу лактации привело к снижению суточного удоя коров.

Tekippe J. A. и соавторы (2013) в результате исследований на фистульных голштинизированных коровах по определению влияния фитобиотика на усвояемость в пищеварительном тракте, выбросы метана, потери азота, установили, что при скормливании лактирующим коровам 525 мг/гол./сут эвгенола и коричневого альдегида наблюдалось умеренное влияние на ферментацию в рубце, с постепенным повышением концентрации изобутирата и, как следствие, повышалась общая усвояемость нейтральной детергентной клетчатки в желудочно-кишечном тракте. Концентрации мочевины в плазме крови, молоке и потери азота с мочой были увеличены у животных, получавших фитобиотическую добавку.

Использование в кормлении лактирующих коров коричневого альдегида, полученного в результате паровой дистилляции масла коры корицы, оказывало влияние на физиологические процессы в организме животных. Результаты исследований *in vitro* показали, что коричневый альдегид обладает спазмолитическим действием, блокируя кальциевые каналы, что может обеспечить фармакологическую основу для его лекарственного применения при диарее и спазмах, при этом он обладает ярко выраженным противомикробным и сосудорасширяющим действием [5].

В исследованиях Calsamiglia et al. (2007) также сообщается, что растительные экстракты циннамальдегида и эвгенола влияют на ферментацию рубца *in vitro*. Таким образом, может существовать потенциал для использования этих экстрактов в молочной промышленности для повышения эффективности ферментации рубца с целью оптимизации производства молока.

Применение комплексной фитобиотической добавки содержащей экстракты: тимола, эвгенола, ванилина, гваякола, и лимонена – способствовало увеличению потребления и усвоения питательных веществ рациона лактирующими молочными коровами при скормливании им средней концентрации – 600 мг/сут), в то время как в скормливание высокой концентрации (750 мг/сут.) не оказало влияния на эффективность кормления, но способствовало увеличению pH рубца [5]. В другом исследовании кормление высокой дозой (1,2 г/сут) той же смеси экстрактов было связано со снижением переваримости кормов рациона и не оказывало влияния на молочную продуктивность [16-18].

Oliveira H. B. N. с соавторами (2014) изучали влияние смеси эфирных масел (капсаицина, эвгенола, коричневого альдегида и карвакрола) микрокапсулированных с увеличивающимися включениями (0, 1,5, 3,0 и 4,0 г/день), на потребление, усвояемость питательных веществ, продуктивность, состав молока 20 голштинизированных коров-первотелок и не установили никакой взаимосвязи на потребление, усвояемость, а также на выработку и состав молока голштинских коров-первотелок. При этом ими отмечено значительное снижение количества соматических клеток.

Данные, полученные Santos et al. (2010), свидетельствуют о том, что скармливание молочным коровам растительных экстрактов эвгенола, геранилацетата и кориандра способствовало увеличению выхода молочного жира, что указывает на изменение использования энергии для синтеза молочного жира [9]. Добавка для лактирующих молочных коров со смесью циннамальдегида, тимола и апельсиновой корки, скармливаемая в количестве 640 мг/сут, способствовала увеличению содержания жира и белка в молоке, но не оказывала влияния на потребление питательных веществ и молочную продуктивность [12, 16]. Включение в рацион смеси коричневого альдегида и эвгенола низкой концентрации (менее 500 мг/гол./сут) не влияло на потребление и продуктивность лактирующих коров, а при очень высокой концентрации (10 г/сут), оказывало негативное влияние на процессы рубцового брожения [15]. Очевидно, что многие из этих экспериментов подтверждают потенциальное влияние растительных экстрактов на показатели лактации молочных коров, но они также подтверждают результаты других экспериментов *in vitro* о том, что источник и дозировка используемого растительного компонента оказывают значительное влияние на физиологическую реакцию животного [17].

В настоящее время растительные экстракты широко применяются в кормлении молочного скота для поддержания и восстановления микробиологического статуса в качестве альтернативы синтетическим антиоксидантам и препаратам микробиологического синтеза [12]. Oliver S. P. и соавторы (2011) подвергают тщательному рассмотрению целесообразность применения ионофорных антибиотиков из-за потенциала остатков антибиотиков и устойчивых штаммов бактерий.

По данным И. О. Ломовского и соавторов (2021), сравнительное изучение бактерицидного действия ряда растительных компонентов с использованием в качестве культур штаммов и полевых изолятов условно-патогенных микроорганизмов: *Salmonella typhimurium*, *Shigella sonnei*, *Escherichia coli*, *Pasteurella multocida*, *Yersinia pseudotuberculosis*, *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, установлено селективное воздействие экстрактов, полученных механохимической обработкой смеси порошков растительного компонента и щелочи на несколько видов болезнетворных микроорганизмов, характерных для конкретного заболевания, что может использоваться для профилактики или лечения этого заболевания.

В качестве основы при создании фитобиотических препаратов широко используют экстракты, полученные из побочных продуктов, которые также обладают антибактериальной активностью против штаммов (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Aspergillus fumigatus* and *Mycobacterium intracellulare*) с множественной лекарственной устойчивостью и могут использоваться в ветеринарии для лечения заболеваний [12]. Например, при производстве гранатового сока из побочного продукта были выделены и очищены экстракты, богатые дубильными веществами, эллагитанинами и фенольными кислотами, с помощью колоночной хроматографии XAD-16 и Sephadex LH-20, которые оказали положительное влияние на антиоксидантный статус и усили-

ние антимикробной активности против *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) и внутриклеточной микобактерии.

Silva S. N. S. E. и др. (2021) провели исследование по оценке влияния ионофорных антибиотиков (монензин в дозе 24 мг/кг) отдельно и в сочетании с растительными экстрактами: пажитника (2000 мг/кг); и смесью - карвакрола (2500 мг/кг), коричневого альдегида (5600 мг/кг) и лимонена (3000 мг/кг) на потребление и переваримость питательных веществ, ферментацию рубца, микробную популяцию, азотистый баланс, синтез микробного белка в рубце, метаболиты крови, качественный состав молока, профиль жирных кислот и продуктивность у фистульных половозрелых джерсейских коров. Авторы сообщают, что монензин сократил потребление питательных веществ и не оказал влияния на молочную продуктивность, при этом отмечено снижение концентрации жирных кислот молока C4 : 0, C6 : 0, C8 : 0 и C18 : 1 ($P < 0,05$). У животных, получавших смесь растительных экстрактов в сочетании с экстрактом пажитника и без него, наблюдается благоприятное влияние на физиологические процессы в организме коров, такие как нормализация метаболизма, более высокая относительная доля целлюлолитических бактерий рода *Fibrobacter* ($P = 0,04$) по сравнению с аналогами, получавшими антибиотик.

При скормливания фитопробióтиков (ООО «Биотроф») «Провитол» и «Микс-Ойл» сообщается о положительном влиянии на процессы пищеварения за счет выработки эндогенных ферментов, улучшающих усвоение и переваримость питательных веществ рациона, при этом отмечено повышение среднесуточного удоя дойных коров на 6,9 и 13,3 % соответственно. Кроме этого, концентрация глюкозы в крови, мочевины, креатинина, триглицеридов, холестерина была ниже в группе животных, получавших фитобиотики. Экономическая эффективность применения указанных препаратов за период эксперимента составила 2762 руб. и 6961 руб. на 1 гол. [2].

Экономический ущерб, причиняемый заболеванием коров – эндометритом, складывается из затрат на покупку препаратов, потери продуктивности, недополучения приплода и вынужденного убоя. В странах ЕС заболевания эндометритом регистрируют у 40 % коров, а наносимый ими ущерб составляет более 500 евро на 1 голову [18]. В Центральном экономическом округе России заболеваемость эндометритами у коров составляет от 34,4-87,7 % [2]. Получены новые данные о положительном влиянии растительных экстрактов (розмарина, корицы, гвоздики, эвкалипта, лимона, орегано и тимьяна) для лечения и профилактики заболевания эндометрита. Химический состав семи эфирных масел был проанализирован методом GC-MS, а их антибактериальная активность в отношении бактерий: штамма кишечной палочки (ATCC 25922), *Fusobacterium necrophorum* (ATCC 25286), *Trueperella pyogenes* (ATCC 19411) и золотистого стафилококка (ATCC 29213) оценена методом дисковой диффузии. Результаты исследований Braga Paiano и др. (2020) показали, что антибактериальная активность растительных экстрактов масла корицы, гвоздики, орегано и тимьяна показали наилучшие результаты по сравнению с тремя другими эфирными маслами, демонстрируя наибольшую зону ингибирования против всех оцениваемых бактерий. Эти результаты доказывают, что растительные экстракты являются потенциальным средством, которое можно использовать в качестве альтернативы для лечения эндометрита крупного рогатого скота [6, 17].

Выводы. Приведенный обзор, включающий сравнительный анализ и обобщение результатов экспериментов, касающийся состава, свойств, эффективности применения фитобиотиков в кормлении жвачных животных указывает на их высокую востребованность в молочном скотоводстве. Всестороннее изучение свойств растительных компонентов подтверждает, что фитобиотики нивелируют такие явления, как снижение иммунного и антиоксидантного статуса, повышение продуктивности за счет повышения переваримости,

усвояемости питательных веществ рациона, нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, воздействует на азотистый обмен молочных коров, уменьшая деградацию азота в рубце. Помимо получения прямой экономической выгоды производителям молочной продукции, растительные экстракты могут представлять экологический интерес, доказывая главным образом их безопасность в отношении качества получаемой продукции животного происхождения и окружающей среды. Следовательно, использование современных технологий для получения и стандартизации этих компонентов, их экспериментальная и производственная апробация позволят использовать растительные экстракты в качестве биологически активных добавок природного происхождения.

Библиографический список

1. Изучение действия препаратов, модифицирующих состав микрофлоры рубца у коров, с использованием метода T-RFLP / А. А. Лебедев [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2013. № 2. С. 110-116.
2. Лебедев А. А., Дуборезов В. М. Эффективность использования фитопробиотиков в рационах молочных коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. № 4. С. 25-33.
3. Механохимически полученные фитопробиотики, подавляющие развитие болезнетворных микроорганизмов / И. О. Ломовский [и др.] // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. 2021. Т. 14. № 1. С. 91-99. <https://doi.org/10.17516/1998-2836-0219>.
4. Фитопробиотики в кормлении сельскохозяйственных животных / О. А. Багно [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 687-697. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.687rus>.
5. Alireza Arbati, Masoud Maham, Bahram Dalir-Naghadeh. The effect of cinnamaldehyde on the contractility of bovine isolated gastrointestinal smooth muscle preparations. 2021. № 12 (3). P. 313-318 <https://doi.org/10.30466/VRF.2020.112185.2670>.
6. Braga P. R., Bonilla J. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils against pathogens often related to cattle endometritis // J Infect Dev Ctries. 2020. № 14. P. 177-183. <https://doi.org/10.3855/jidc.12076>.
7. Calsamiglia S. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation // Journal of dairy science. 2007. № 90 (6). P. 2580-2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>.
8. Fraser G. R. Assessment of the effects of cinnamon leaf oil on rumen microbial fermentation using two continuous culture systems // Journal of dairy science. 2007. V. 1. No 90 (5). P. 2315-2328. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-688>.
9. Guild-Guerrero J. L. Plant-food by-products to improve farm-animal health // Anim Feed Sci Technol. 2016. V. 220. H. 121-135. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.016>.
10. Hallier A. Development of a method to determine essential oil residues in cow milk // Journal of Dairy Science. 2013. V. 96. (3). P. 1447-1454. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6152>.
11. Oliveira H. B. N. Desempenho de vacas em lactação consumindo dietas contendo misturas de óleos essenciais // Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 2014. V. 15 (3). P. 670-678. <https://doi.org/10.1590/s1519-99402014000300014>.
12. Oliver S. P., Murinda S. E., Jayarao B. M. Impact of antibiotic use in adult dairy cows on antimicrobial resistance of veterinary and human pathogens: a comprehensive review // Foodborne pathogens and disease. 2011. V. 8 (3). P. 337-355. <https://doi.org/10.1089/fpd.2010.0730>.
13. Sadri H. Cinnamon: does it hold its promises in cows? Using non-targeted blood serum metabolomics profiling to test the effects of feeding cinnamon to dairy cows undergoing lactation-induced insulin resistance // Metabolomics. 2017. V. 13. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-1151-1>
14. Silva e S. N. S. Effects of plant extract supplementations or monensin on nutrient intake, digestibility, ruminal fermentation and metabolism in dairy cows // Animal Feed Science and Technology. 2021. V. 275. 114886. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114886>.
15. Tekippe J. A. Effect of essential oils on ruminal fermentation and lactation performance of dairy cows // Journal of Dairy Science. 2013. V. 96 (12). P. 7892-7903. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7128>.

16. Wall E. H. The effects of supplementation with a blend of cinnamaldehyde and eugenol on feed intake and milk production of dairy cows // JOURNAL OF DAIRY SCIENCE. 2014. V. 97 (9). P. 5709-5717. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7896>.

17. Yazdanpanah Z. Effects of cinnamon supplementation on body weight and composition in adults // A systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. 2020. V. 34 (3). P. 448-463. <https://doi.org/10.1002/ptr.6539>.

18. Yesilbag D. Effects of juniper essential oil on growth performance, some rumen protozoa, rumen fermentation and antioxidant blood enzyme parameters of growing Saanen kids // Anim Physiol Anim Nutr. 2017. V. 101. P. e67-e76. <https://doi.org/10.1111/jpn.12560>.

Информация об авторе

Цис Елена Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д.60), тел. 8(916)277-47-27, e-mail: tsis-elen@yandex.ru_ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1988-1189>

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-37

EFFECT OF *MC4R* GENE POLYMORPHISM ON GROWTH AND MEAT TRAITS OF PIGS

A. E. Svyatogorova¹, O. L. Tretyakova², L. V. Getmantseva²,
N. A. Svyatogorov², A. I. Klimenko³

¹North-Caucasus Zonal Veterinary Research Institute – branch of FSBSC FRASC, Novocherkassk

²Don State Agrarian University, Rostov region, Oktyabrsky district, v. Persianovsky

³Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rostov region, Aksai district, v. Dawn

Received 30.03.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

The article presents an analysis of the influence of gen *MC4R* on growth and meat performance of pigs Duroc. The frequency of alleles and genotypes of said marker gene and its relationship to productivity traits.

Abstract

Introduction. The prospect of using genomic selection technologies that allow deciphering the genotype of pigs at the stage of birth and selecting the best animals for breeding has led to the need to study productivity marker genes. This will increase the breeding accuracy and reliability of the breeding value of pigs and will help in the early stages of life to diagnose the breeding value of animals, improve existing and derive new specialized paternal lines that will be used at the final stage of hybridization to obtain commercial hybrids. In increasing productive qualities, the melanocortin-4 receptor gene (*MC4R*) is of great interest, as one of the links of a complex system of eating behavior, it participates in the metabolism of adipose tissue. The main functional feature of the *MC4R* is the control of body weight and regulation of eating behavior. Thus, the main purpose and objective of the experiment was to study the relationship of the polymorphism of the *MC4R* marker gene of Duroc pigs with their meat and fattening qualities. **Object.** The objects of the study were Duroc pigs (n=55 of them 45 pigs and 10 boars) of the Closed Joint Stock Company «Breeding Plant-Jubilee». **Materials and methods.** The direct material for the study was tissue samples from the auricle of pigs with an area of 1 cm² (ear plucking). The analysis was carried out by PCR-PDRF (polymerase chain reaction - restriction fragment length polymorphism) Amplification of a fragment (226 bp) of the *MC4R* gene was carried out using primers: 5'- TACCCTGACCATCTTGATTG – 3'; 5' - ATAGCAACAGATGATCTCTTTG - 3'. **Results and conclusions.** Based on the results of a molecular genetic study, the presence and frequency of alleles and genotypes were determined by the *MC4R* gene. Experimental studies on DNA genotyping of agricultural animals were carried out in the laboratory of molecular diagnostics and biotechnology of agricultural animals in the Don State Agrarian University. According to the conducted studies, the pigs had a «desirable» AA genotype in terms of precocity, trunk

length and average daily weight gain. In boars, there is a significant superiority of fattening and meat indicators according to the GG genotype. Studies have also shown that the fattening and meat qualities of pigs depend on the genetic characteristics of the breed and on the sex of the animals.

Key words: *gen MC4R, candidate gene, PCR-RFLP, genotyping, productivity traits.*

Citation. Svyatogorova A. E., Tretyakova O. L., Getmantseva L. V., Svyatogorov N. A., Klimenko A. I. Effect of *MC4R* gene polymorphism on growth and meat traits of pigs of pigs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 298-306 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-37.

Author's contribution. In this experiment, all the authors participated in the planning, execution, and analysis of the research results. The presented version of the article is approved by all the authors.

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

УДК 636.4.082.12

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *MC4R* НА ОТКОРМОЧНЫЕ И МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНЕЙ

А. Е. Святогорова¹, младший научный сотрудник

О. Л. Третьякова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л. В. Гетманцева², доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

Н. А. Святогоров², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. И. Клименко³, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, директор

¹Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал
ФГБНУ ФРАНИЦ, г. Новочеркасск

²Донской государственный аграрный университет,
Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский

³ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская область,
Аксайский район, п. Рассвет

Дата поступления в редакцию 30.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Аннотация. Перспективность использования технологий геномной селекции, позволяющих расшифровать генотип свиней на стадии рождения и отбирать лучших животных для разведения, обусловила необходимость в изучении генов-маркеров продуктивности. Это позволит увеличивать селекционную точность и надежность племенной ценности свиней и может на ранних этапах жизни проводить диагностику племенной ценности животных, улучшать имеющиеся и выводить новые специализированные отцовские линии, которые будут использованы на заключительном этапе гибридизации для получения товарных гибридов. В повышении продуктивных качеств большой интерес представляет ген рецептора меланокортина-4 (*MC4R*), как одно из звеньев сложной системы пищевого поведения, он принимает участие в метаболизме жировой ткани. Основной функциональной особенностью *MC4R* выступают контроль массы тела и регуляция пищевого поведения. Таким образом, основной целью и задачей опыта являлось изучение взаимосвязи полиморфизма гена-маркера *MC4R* свиней породы дюрок с их мясными и откормочными качествами. **Объект.** Объектами исследования являлись свиньи породы дюрок (n=55 из них 45 свинок и 10 хрячков) ЗАО «Племзавод-Юбилейный». Непосредственным материалом для исследования служили образцы ткани с ушной раковины свиней площадью 1 см² (ушные выщипы). **Материалы и методы.** Анализ проводили методом ПЦР-ПДРФ (полимеразной цепной реакции — полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) Амплификацию фрагмента (226 п.н.) гена *MC4R* проводили с использованием праймеров: 5'- TACCCTGACCATCTTGATTG – 3'; 5' - ATAGCAACAGATGATCTCTTTG -3'. **Результаты и выводы.** По результатам молекулярно-генетического исследования определяли наличие и частоту аллелей и генотипов по гену *MC4R*. Экспериментальные исследования по ДНК-генотипированию с.-х. животных проводи-

ли в лаборатории молекулярной диагностики и биотехнологии с.-х. животных в Донском ГАУ. Согласно проведенным исследованиям у свинок был установлен «желательный» генотип AA по показателям скороспелости, длине туловища и среднесуточному привесу. У хрячков наблюдается существенное превосходство откормочных и мясных показателей по генотипу GG. Также исследования показали, что откормочные и мясные качества свиней зависят от генетических особенностей породы и от пола животных.

Ключевые слова: ген *MC4R*, гены-кандидаты, ПЦР-ПДРФ, генотипирование свиней, показатели продуктивности свиней.

Цитирование. Святогорова А. Е., Третьякова О. Л., Гетманцева Л. В., Святогоров Н. А., Клименко А. И. Влияние полиморфизма гена *MC4R* на откормочные и мясные качества свиней. *Известия НВ АУК*. 2022. 2 (66). 298-306. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-37.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Интенсификация селекционного процесса в свиноводстве всегда требует научно обоснованных подходов в селекции [5, 7]. Высокая мясная продуктивность свиней – показатель, к которому стремятся все без исключения производители свинины. Для достижения высоких результатов селекции необходимым условием повышения эффективности племенного отбора является получение точной информации о продуктивности животных в раннем возрасте, а также возможности использования их полного генетического потенциала. Главная задача – добиться получения высоких мясных показателей в максимально короткий срок и уменьшения затрат на ее достижение [10].

Внедрение в последнее десятилетие молекулярных маркеров в практическую селекцию позволило эффективно генотипировать животных с хозяйственно ценными признаками [1, 9, 11, 12, 13]. В племенном свиноводстве Европы и Америки геномную селекцию уже применяют [4]. Технологии геномной селекции позволяют расшифровать генотип свиней на стадии рождения и отбирать лучших животных для разведения. Эта новейшая технология призвана в дальнейшем увеличивать селекционную точность и надежность племенной ценности свиней, а также позволяет на ранних этапах жизни проводить диагностику племенной ценности животных, улучшать имеющиеся и выводить новые специализированные отцовские линии, которые будут использованы на заключительном этапе гибридизации для получения товарных гибридов.

В повышении продуктивных качеств большой интерес представляет ген рецептора меланокортина-4 (*MC4R*) [6, 8], как одно из звеньев сложной системы пищевого поведения он принимает участие в метаболизме жировой ткани. Ген *MC4R* экспрессируется в разных участках ЦНС, в частности в таламусе, гипоталамусе, стволе и коре головного, а также участках спинного мозга. Экспрессия *MC4R* в этих структурах нервной системы свидетельствует об их возможном участии в регуляции вегетативных и нейроэндокринных функций. Основной функциональной особенностью *MC4R* выступает контроль массы тела и регуляция пищевого поведения [2, 3, 14].

Ген *MC4R* локализован на хромосоме 1 свиньи в участке (SSC1) *q22-q27* [12]. Последовательность гена *MC4R* была представлена в GenBank под регистрационным номером AF087937. Полиморфизм *MC4R* определяли в позиции 1426. Замена одного нуклеотида G на A приводит при помощи рестриктазы *TaqI* к изменению аминокислотного состава *MC4*-рецептора [4].

Цель данного исследования – изучить взаимосвязь полиморфизма гена-маркера MC4R свиней породы дюрок с их мясными и откормочными качествами.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись чистопородные свиньи племенного молодняка породы дюрок (n=55 из них 45 свинок и 10 хрячков) ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области. Следует отметить, что свиньи породы дюрок обладают хорошо выраженными мясными формами, они более скороспелые, чем другие породы свиней. Многолетняя селекция породы дюрок направлена на повышение откормочной и мясной продуктивности.

В процессе выполнения научно-исследовательской работы проводились контрольное выращивание свиней, оценка влияния гена MC4R на откормочные и мясные качества по результатам контрольного выращивания свиней до 100 кг, согласно «Инструкции по бонитировке» по показателям скороспелости (дн), толщине шпика (мм), длине туловища (см) и среднесуточному приросту (г). Далее проводился сравнительный анализ сопоставления генетических исследований с показателями продуктивности испытуемых животных. Экспериментальные исследования по ДНК-генотипированию с.-х. животных проводили в лаборатории молекулярной диагностики и биотехнологии с.-х. животных ФГБОУ ВО «Донской ГАУ» Ростовской области.

У исследованных животных брали биопробы ткани с ушной раковины свиней площадью 1 см² (ушные выщипы), из которых выделяли ДНК. Генотипический анализ проводили методом ПЦР – ПДРФ (полимеразной цепной реакции — полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) [2, 3].

Амплификацию образцов ДНК проводили следующим образом. В состав ПЦР смеси входило 5 мкл раствора буфера; 1 мкл дезоксонуклеозидтрифосфата; по 0,5 мкл прямого и обратного праймера; 0,5 мкл Taq-полимеразы; 12,5 мкл деионизированной воды и 5 мкл ДНК на пробу.

Амплификацию фрагмента (226 п.н.) гена MC4R проводили на амплификаторах «Терцик» и «Т-100» с использованием праймеров, синтезированных в ЗАО «Евроген» (г. Москва): 5'- TACCCTGACCATCTTGATTG – 3'; 5' - ATAGCAACAGATGATCTCTTTG -3'. Режим амплификации: предварительная денатурация при 94 °С – 5 минут, 35 циклов: 94 °С – 30 с, 62 °С – 30 с, 72 °С – 30 с; заключительный синтез при 72 °С – 7 мин. Для определения полиморфизма гена MC4R 10 мкл ПЦР смеси обрабатывали 0,2 мкл эндонуклеазы рестрикции TaqI и 0,2 мкл BSA в 2 мкл буфера фирмы ООО «СибЭнзим-М» (Россия) и 7,6 мкл деионизированной воде при 64 °С в течение 2 ч.

Электрофоретическое разделение образцов ДНК в геле агарозы проводили следующим образом:

1. TBE/формамид электрофорез по гену MC4R проводили в 2 % геле агарозы, содержащем 1хTBE буфер (0,04 М Трис-ацетат, 1мМ ЭДТА) и бромистый этидий с конечной концентрацией в геле – 0,5 мкг/мл. 1хTBE буфер также использовался в качестве рабочего буфера для электрофореза.

2. Образцы помещали в лунки геля.

3. Электрофорез проводился при напряженности электрического поля равной 5 В/см.

4. Визуализацию электрофореграмм проводили на трансиллюминаторе в УФ свете (рисунок 1).

По результатам молекулярно-генетического исследования определяли наличие и частоту аллелей и генотипов по гену MC4R. Статистическую обработку данных проводили по стандартным методикам с использованием программного обеспечения MS Excel и STATISTICA 6.0.

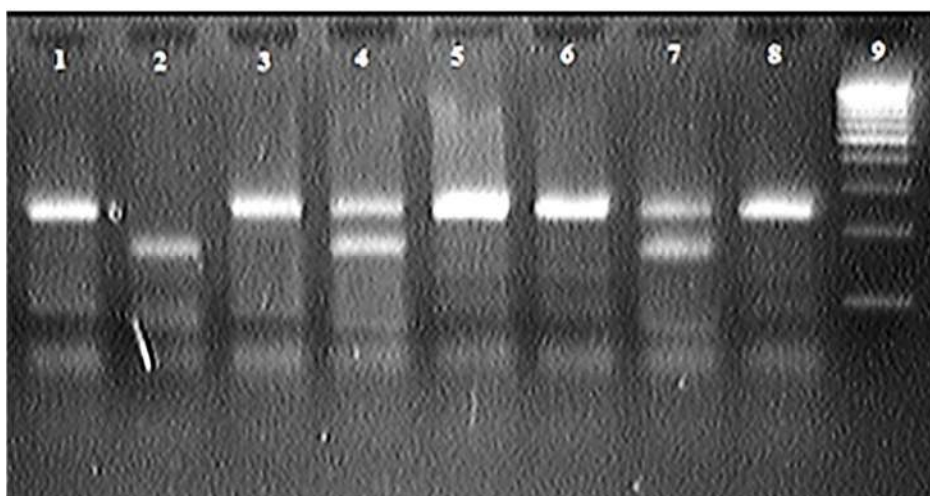


Рисунок 1 – Электрофореграмма результата ПЦР – ПДРФ гена *MC4R/TagI* в 2 % агарозном геле

Figure 1 – Electrophoregram of the result of Polymerase Chain Reaction-Polymorphism of the Lengths of Restriction Fragments of the *MC4R/TagI* gene in 2 % agarose gel
(Обозначения: 1,3,5,6,8– генотип *AA* (226 н.п.); 2– генотип *GG* (156- и 70 н.п.); 4,7– генотип *AG* (226-,156- и 70 н.п.); 9 – ДНК-маркер 100 bp (СибЭнзим))
(Designations: 1,3,5,6,8 – *AA* genotype (226 bp); 2 – *GG* genotype (156 and 70 bp); 4,7 – *AG* genotype (226, 156 and 70 bp); 9 – DNA marker 100 bp (SibEnzyme))

Результаты и обсуждение. В результате проведенного ДНК-генотипирования для каждого исследуемого животного были установлены генотипы по гену *MC4R*.

По результатам проведения ДНК-генотипирования свиней по гену *MC4R* были установлены все три генотипа *AA*, *AG* и *GG*.

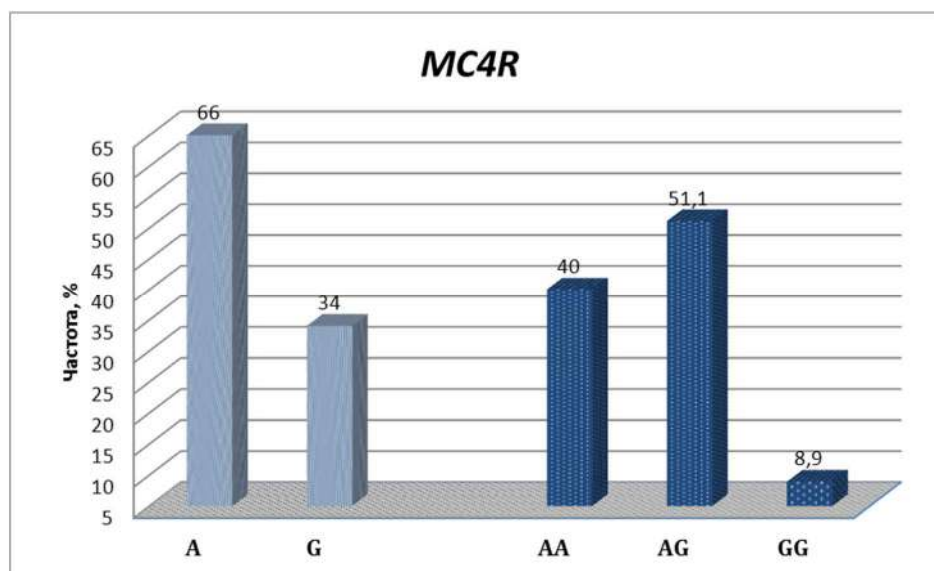


Рисунок 2 – Частота аллелей и генотипов гена *MC4R/TagI* свиней породы дюрок

Figure 2 – Frequency of alleles and genotypes of the *MC4R/TagI* gene in Duroc pigs

Изучение распределения частот встречаемости аллелей данного гена показало низкую частоту аллеля *G* и значительное доминирование аллеля *A* в исследуемой популяции, она составила 0,66 и 0,34 у свиней и 0,70 и 0,30 у хрячков, соответственно (рисунки 2, 3).

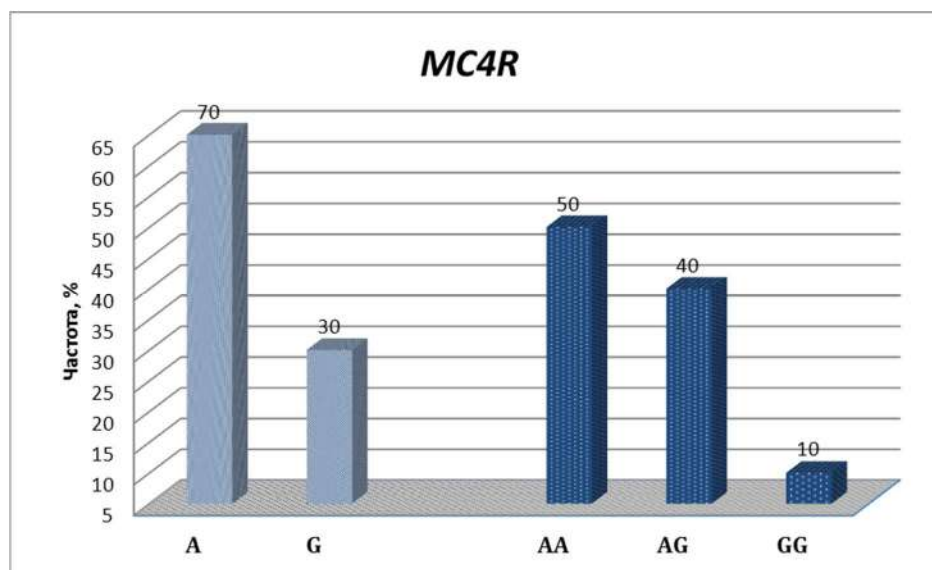


Рисунок 3 – Частота аллелей и генотипов гена *MC4R/TagI* хрячков породы дюрок

Figure 3 – Frequency of alleles and genotypes of the *MC4R/TagI* gene in Duroc boars

У чистопородных животных породы дюрок по гену *MC4R* в результате изучения влияния генотипов была установлена наибольшая частота генотипа *AG* у свинок (рисунок 2) и *AA* у хрячков (рисунок 3). У свинок частота генотипа *AG* определена на уровне 51,1 %, генотипа *AA* – 40,0 %, *GG* – 8,9 %. У хрячков частота генотипа *AA* составила 50,0 %, *AG* – 40,0 % и *GG* – 10,0 %.

Таблица 1 – Откормочные и мясные качества свинок породы дюрок различных генотипов по гену *MC4R*

Table 1 – Fattening and meat qualities of Duroc pigs of various genotypes according to the *MC4R* gene

Генотип / Genotype	Скороспелость, дн. / Precocity, days.	Толщина шпика, мм / Thickness of the fat, mm	Длина туловища, см / Body length, cm	Среднесуточный прирост, г / Average daily gain, g
<i>GG</i>	167,3±5,56	13,0±1,29*	115,8±1,03	756±56,97
<i>AG</i>	163,4±2,24	14,5±0,67	110,9±4,67	769,6±21,49
<i>AA</i>	161,6±2,87	14,5±0,75	116,8±0,76**	806,8±28,62

Примечание: * - разность между генотипами *AG* и *AA* достоверна при $p < 0,1$

** - разность между генотипами *AA* и *AG* достоверна при $p < 0,25$

Note: * - the difference between the *AG* and *AA* genotypes is significant at $p < 0,1$

** - the difference between the *AA* and *AG* genotypes is significant at $p < 0,25$

Сопоставив результаты исследований гена маркера *MC4R* с продуктивными показателями, мы установили, что животные с генотипом *AA* превосходили аналогов *AG* и *GG* – генотипов по показателям скороспелости (возраст достижения массы 100 кг), длины туловища и среднесуточного привеса (таблица 1).

Скороспелость у свинок породы дюрок генотипа *AA* меньше на 6 и 4 дней по сравнению с аналогами генотипа *GG* и *AG*, длина туловища больше на 1 и 5,9 см и среднесуточный привес больше на 50,8 и 37,2 г, соответственно. В то же время у свинок генотипа *GG* отмечается низкий показатель толщины шпика по сравнению с аналогами на 1,5 мм и по генотипу *AA* и по генотипу *AG*. Такая же тенденция по толщине шпика и среднесуточному привесу наблюдается у корейских ученых Kim K. S. et al (2006 г.) на породе дюрок.

Следовательно, «желательным» у свинок породы дюрок выступает генотип *AA* для наиболее быстрого роста и получения большего содержания мышечной массы.

Таблица 2 – Откормочные и мясные качества хрячков породы дюрок различных генотипов по гену *MC4R*

Table 2 – Fattening and meat qualities of Duroc boars of various genotypes according to the *MC4R* gene

Генотип / Genotype	Скороспелость, дн. / Precocity, days.	Толщина шпика, мм / Thickness of the fat, mm	Длина туловища, см / Body length, Cm	Среднесуточный прирост, г / Average daily gain, g
<i>GG</i>	146	9,5*	119*	1050**
<i>AG</i>	144,8±5,85	12,1±1,15	114,8±1,53	957,8±46,75
<i>AA</i>	146,8±2,15	11,2±1,40	117,4±2,04	949,6±36,33

Примечание: * - разность между генотипами *AG* и *GG* достоверна при $p < 0,05$

** - разность между генотипами *GG* и *AG* достоверна при $p < 0,1$

Note: * - the difference between the *AG* and *GG* genotypes is significant at $p < 0,1$

** - the difference between the *GG* and *AG* genotypes is significant at $p < 0,25$

У хрячков наблюдается существенное превосходство откормочных и мясных показателей по генотипу *GG*. (таблица 2). Согласно проведенному анализу, высокие показатели продуктивности наблюдаются у хрячков с генотипом *GG* по гену *MC4R*. Так, по толщине шпика преобладание по отношению к генотипам *AG* и *AA* составляет на 2,6 и 1,7 мм, по длине туловища – на 4,2 и 1,6 см и по среднесуточному привесу – на 92,2 и 100,4 г, соответственно.

Также следует отметить зависимость между генотипами и скороспелостью, но она не имеет достаточного уровня достоверности. Отсутствие различий по показателю скороспелости, вероятно, связано с небольшой выборкой животных. Дальнейшие исследования позволят нам уточнить данные корреляции.

Следовательно, можно заключить, что «желательным» генотипом у хрячков породы дюрок по гену *MC4R* является *GG*. Также установлено основное влияние гена *MC4R*, которое идет на толщину шпика, длину туловища и среднесуточный привес в исследуемой выборке хрячков.

В литературе приведены результаты исследований по данному гену у различных пород свиней. Так, согласно американским ученым Kim K. S. et all (2000 г.) у ландрасов, крупной белой и гибридов (крупная белая х дюрок), китайским ученым Chen M. et all (2004 г.) у двухпородных гибридов (ландрас х Lantang), а также шведским ученым Bruun C.S. et all (2006 г.) у гибридов (гемпшир х ландрас), обнаружено, что наличие генотипа *AA* по гену *MC4R*, коррелирует с повышенной упитанностью туши. Бельгийские исследователи Van Den Maagdenberg K. (2007 г.) также отмечают связь генотипа *AA* с более высокими показателями упитанности туши и меньшим содержанием постного мяса у гибридов (крупная белая х пьетрен) и (ландрас х крупная белая). Такие же результаты наблюдала и Л. В. Гетманцева с соавторами (2012, 2014) на свиньях крупной белой породы. В своих работах она указывает, что особи с генотипом *AA* гена *MC4R* отличались лучшими среднесуточными привесами и большей толщиной шпика, в сравнении с животными с генотипом *GG*. Свиньи генотипа *GG* отличались лучшими мясными качествами, но при этом были менее скороспелы. Подобные результаты исследования получили и белорусские исследователи [4] на животных породы йоркшир. Они установили, что по показателям скороспелости, среднесуточного прироста и затратам корма предпочтительным являлся генотип *AA*, в то время как по этим же показателям у молодняка, полученного от хряков породы ландрас, предпочтительным был генотип *GG*. О взаимосвязи полиморфизма гена рецептора меланокортина *MC4R* 4 с про-

дуктивными показателями свиней, такими как среднесуточный прирост, потребление корма, рост мышц, содержание жира в туше и длина туши, сообщают отечественные ученые Костюнина О. В. и др. (2012 г.). Данные ученые отмечают, что влияние генотипов *MC4R* на продуктивные показатели зависит от породной принадлежности.

Нами также было замечено, что откормочные и мясные качества («желательные» генотипы по гену *MC4R*) свиней зависят от генетических особенностей породы и от пола животных.

Выводы. Таким образом, использование полиморфизма гена *MC4R* у породы дюрок с помощью маркерной селекции может привести к экономически выгодному ведению свиноводства и позволит повысить продуктивность животных.

Библиографический список

1. Бальников А. А. Оценка животных пород йоркшир и ландрас в зависимости от линейной принадлежности и панели генов-маркеров PRKAG3, MC4RI MYOD1 // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 51-57.
2. Бальников А. А. Оценка продуктивных качеств свиней пород йоркшир и ландрас по генам PRKAG3, MC4R И MYOD1 // Генетика и разведение животных. 2021. № 2. С. 28-35.
3. Гончаренко Г. М. Генотипическая структура разных пород свиней по генам MC4R И LEP и их связь с продуктивностью // Свиноводство. 2018. № 4. С. 11-15.
4. Казутова Ю. С., Бальников А. А., Гридюшко И. Ф. Показатели мясной продуктивности свиней пород ландрас и йоркшир в зависимости от генотипов по генам MC4R, MYOD1, MYF4 // Аграрный вестник Урала. 2021. № 2 (205). С. 65-71.
5. Кононова Л. В., Смирнова Л. М. Интенсификация селекционного процесса на основе ДНК-тестирования // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 2. С. 162-166.
6. Максимов А. Г., Максимов Г. В., Гетманцева Л. В. Генотипы по генам FSHB, PRLP, MC4R и продуктивность свиноматок // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 7. С. 82-91.
7. Сердюк Г. Н., Иванов Ю. В. Развитие отечественного свиноводства в условиях интенсификации отрасли // Зоотехния. 2018. № 6. С. 21-23.
8. Сердюк Г. Н. Полиморфизм гена-рецептора меланокортина *MC4R* у свиней различных пород // Генетика и разведение животных. 2018. № 3. С. 27-31.
9. Эффективность использования генетических маркеров в свиноводстве / В. В. Семенов [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 3. С. 39-45.
10. Belous A. A., Sermyagin A. A., Zinovieva N. A. Genome-wide association study of feed efficiency in russian duroc boars // Journal of Animal Science. 2021. V. 99. № S3. P. 247.
11. Effects of single nucleotide polymorphism markers on the carcass and fattening traits in different pig populations / R. Bižienė, K. Morkūnienė, R. Mišeikienė, N. Pečiulaitienė, N. Makštutienė, E. Šlyžius // Journal of Animal and Feed Sciences. 2018. Vol. 27. P. 255–262. <https://doi.org/10.22358/jafs/95020/2018>.
12. Markin N. V. SSR Analysis of Maternal and Paternal Lines Selected in the Don Region (Russia) // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2016. Vol. 11. No 1. P. 13-18.
13. Melnikova E. Application of genomic data for reliability improvement of pig breeding value estimates // Animals. 2021. V. 11. № 6.
14. Sermyagin A. A. Feeding behavior as the new breeding traits in pigs // Agricultural Biology. 2021. V. 55. № 6. P. 1126-1138.

Информация об авторах

Святогорова Александра Евгеньевна, младший научный сотрудник СКЗНИВИ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ (346421, Россия, Ростовская область, город Новочеркасск, Ростовское шоссе, д. 0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740> sviatogorova.a@yandex.ru

Третьякова Ольга Леонидовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. академика П.Е. Ладана ФГБОУ ВО ДГАУ (346493, Россия, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0295-8939> aldebaran.olga@yandex.ru

Гетманцева Любовь Владимировна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО ДГАУ (346493, Россия, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1868-3148> ilonaluba@mail.ru

Святогоров Николай Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ ВО ДГАУ (346493, Россия, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), SPIN-код автора 9092-4579 РИНЦ Author ID= 625671 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2495-6969> sviatogorov@mail.ru

Клименко Александр Иванович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор ФГБНУ "Федеральный Ростовский аграрный научный центр", (346735, Россия, Ростовская обл., Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1884-6114> dzni@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-38

COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOPHYSICAL PROPERTIES OF BONE TISSUE OF BROILER CHICKENS USING OSTEOTROPIC COMPOUNDS

A. A. Vlasenko, M. P. Semenenko, E.V. Kuzminova

Federal State Budget Scientific Institution

«Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine», Krasnodar

Received 07.04.2022

Submitted 05.05.2022

Summary

The article presents data on the study of the influence of osteotropic feed additives based on acidic calcium, bentonite of the Kantemirovskoye deposit of the Voronezh region and the drug siliostin on the strength of bone tissue in broiler chickens. These additives contain organic and inorganic forms of silicon, osteotropic micro- and macroelements that have a potentiating effect on bone tissue and increase its strength due to the active intensification of mineral metabolism. Data were obtained to determine the maximum limit load of the bones of the femur and lower limbs of broiler chickens.

Abstract

Introduction. To solve the problem of metabolic bone pathology in poultry farming it is necessary to use veterinary drugs and additives with high pharmacological activity in this pathology. A feature of these pharmaceutical substances is the balance of osteotropic elements, especially silicon, which is an activator of ossification processes at the molecular level. Therefore, when introducing various osteotropic feed additives and drugs into the diets, which have a pathogenetic effect and are means of preventing metabolic osteopathology, it is necessary to evaluate the mechanical characteristics of bone tissue in order to determine their strength and ability to withstand a specific load of the muscle mass of a growing poultry. **Object.** The object of the study was osteotropic feed additives based on acidic calcium, bentonite of the Kantemirovskoye deposit of the Voronezh region and the drug siliostin, which have pharmacological activity in metabolic osteopathology in broiler chickens. **Materials and methods.** For the experiment, six groups of broiler chickens of the COBB-500 cross were formed - five experimental and one control (n=20). The chickens were fed with a complete mixed feed according to the following scheme: from the moment of birth to the 14th day of life - start; from 15 to 28 days - growth; from 29 days to slaughter - finish. From the 15th to the 42nd day of life, the experimental groups of poultry were fed with feed additives and their combinations in the basic diet, while the chickens of the control group received only complete compound feed. The duration of the experiment was 28 days. Studies to determine the biophysical properties of the bone tissue of broiler chickens were carried out on an electro-hydraulic press «PI-5000 kN». **Results and conclusions.** It has been determined that the introduction of the drug siliostin into the diet has the best effect on the mechanical

parameters of the bones of the lower extremities. It is explained by the optimal component composition of the drug due to the content of organic and inorganic forms of silicon, osteotropic micro- and macroelements that have a potentiating effect on bone tissue and increase its strength due to the active intensification of mineral metabolism, as evidenced by the results obtained during the experiment.

Key words: *metabolic osteopathology, bone tissue, broiler chickens, siliostin, bentonite, acidic calcium, bone strength.*

Citation. Vlasenko A.A., Semenenko M.P., Kuzminova E.V. Comparative analysis of biophysical properties of bone tissue of broiler chickens using osteotropic compounds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 306-313 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-38.

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

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

УДК 636.52/58:611.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОСТНОЙ ТКАНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОСТЕОТРОПНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А.А. Власенко, аспирант

М. П. Семененко, доктор ветеринарных наук, доцент

Е. В. Кузьминова, доктор ветеринарных наук, доцент

ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 07.04.2022

Дата принятия к печати 05.05.2022

Актуальность. Для решения проблемы метаболической костной патологии в птицеводстве необходимо применение ветеринарных препаратов и добавок, обладающих высокой фармакологической активностью при данной патологии. Особенностью данных фармацевтических субстанций является баланс остеотропных элементов, особенно кремния, являющегося активатором процессов оксификации на молекулярном уровне. Поэтому при введении в рационы различных остеотропных кормовых добавок и лекарственных препаратов, обладающих патогенетическим действием и являющихся средствами профилактики метаболической остеопатологии, необходимо проводить оценку механических характеристик костной ткани с целью определения их прочности и способности выдерживать конкретную нагрузку мышечной массы растущей птицы. **Объект.** Объектом исследования явились остеотропные кормовые добавки на основе кальция кислого, бентонита Кантемировского месторождения Воронежской области и препарат силиостин, обладающие фармакологической активностью при метаболической остеопатологии у цыплят-бройлеров. **Материалы и методы.** Для проведения эксперимента было сформировано шесть групп цыплят-бройлеров кросса КОББ-500 – пять опытных и контрольная (n=20). Кормление цыплят осуществлялось полнорационным комбикормом по следующей схеме: с момента рождения до 14 дня жизни – старт; с 15 до 28 дня – рост; с 29 дня до убоя – финиш. Опытным группам птицы с 15 по 42 день жизни в корма основного рациона вводились кормовые добавки и их комбинации, тогда как цыплята контрольной группы получали только полнорационный комбикорм. Продолжительность эксперимента составляла 28 дней. Исследования по определению биофизических свойств костной ткани цыплят-бройлеров проводили на электрогидравлическом прессе «ПИ-5000 кН». **Результаты и выводы.** Установлено, что введение в рацион препарата силиостин оказывает наилучшее влияние на механические показатели костей нижних конечностей. Это объясняется оптимальным компонентным составом препарата за счет содержания органической и неорганической форм кремния, остеотропных микро- и макроэлементов, оказывающих потенцирующее действие на костную ткань и увеличение ее прочности за счёт активной интенсификации минерального обмена, о чем свидетельствуют результаты, полученные в ходе проведения опыта.

Ключевые слова: *метаболическая остеопатология, костная ткань цыплят, цыплята-бройлеры, силиостин, бентонит, кислый кальций, прочность костной ткани.*

Цитирование. Власенко А. А., Семененко М. П., Кузьминова Е. В. Сравнительный анализ биофизических свойств костной ткани цыплят-бройлеров при использовании остеотропных соединений. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 306-313. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-38.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Птицеводство является одной из наиболее эффективных, высокорентабельных и перспективных отраслей сельского хозяйства, так как, в отличие от других отраслей, не имеет сезонности и занимает ведущее место по удовлетворению населения продуктами питания в течение всего года. Основной задачей птицеводства является выведение высокопродуктивной птицы с хорошим мясным качеством молодняка при невысоких затратах корма, при этом особое внимание уделяется повышению экономического эффекта от применения новых технологий и их внедрения в производство [3, 4].

Однако селекционные мероприятия, направленные на увеличение скорости роста массы тела бройлеров, зачастую не учитывают процессы формирования костной ткани и ее минерализации, приводя к снижению физиологических резервов и возможностей проявления генетического потенциала, призванного обеспечить равновесие между высокой продуктивностью и оптимальным здоровьем птицы. В этом случае выращивание бройлеров современных высокопродуктивных кроссов часто сопровождается нарушением роста и развития костной ткани конечностей, формирование которой связано с особенностями минерализации в остеогенезе [2, 9].

Скелет птицы, являясь органом опорно-двигательного аппарата, выполняет функцию каркаса и рычага, находясь в структурно-функциональном единстве с мышечной тканью. Кроме того, костная ткань является и основным депо остеотропных микро- и макронутриентных элементов [7].

В большинстве стран мира, в том числе в Российской Федерации, в птицеводческой отрасли у мясных современных кроссов цыплят-бройлеров стала возникать серьезная проблема метаболических нарушений, проявляющаяся возникновением остеодистрофией с синдромом дисхондроплазии. Адекватная обеспеченность организма птицы кальцием, фосфором и витамином D, хотя и является важным условием целостности костной ткани, но не компенсирует всех ее нутрициальных потребностей [1, 6]. Необходимо обеспечивать птицу такими веществами, как цинк, марганец, бор, медь, магний, железо, поскольку оптимальное протекание обменных процессов в костной ткани возможно лишь при синхронизации процессов метаболизма ее органического матрикса с общим минеральным обменом организма [11]. При этом особое внимание стоит уделять одному из важнейших остеотропных элементов – кремнию, оказывающему стимулирующее действие на процессы оссификации молодых костей, а также способствующему быстрой регенерации поврежденных костных участков [8].

Снижение запасов остеотропных макронутриентов в костном депо способствует возникновению патологических изменений в костях нижних конечностей, таких как переломы, падение на ноги, ушибы и другое, обусловленных снижением прочности кости, которая представляет собой совокупность физических и химических связей различных субъединиц костной ткани [12].

Поэтому при введении в рационы различных остеотропных кормовых добавок и лекарственных препаратов, обладающих патогенетическим действием на процессы ossification и являющихся средствами профилактики метаболической остеопатологии, необходимо проводить оценку механических характеристик костной ткани с целью определения ее прочности и способности выдерживать конкретную нагрузку мышечной массы растущей птицы [9, 10].

В связи с вышеизложенным целью исследования явилось изучение влияния остеотропных кормовых добавок на основе кальция кислого, бентонита Кантемировского месторождения Воронежской области и препарата силиостин на прочность костной ткани у цыплят-бройлеров.

Объект исследования – остеотропные кормовые добавки – кальций кислый и бентонит, а также препарат силиостин.

Силиостин – комплексный препарат, обладающий патогенетическим действием при метаболической остеопатологии. В его состав входят природные компоненты, содержащие кремний как в органической, так и в неорганической формах (ионная форма с высокой биодоступностью), биофлавоноиды, каротин, органические кислоты, а также природные алюмосиликатные минералы с большим содержанием ряда эссенциальных макро- и микроэлементов.

Бентонит Кантемировского месторождения Воронежской области – природный алюмосиликатный минерал, относящийся к редкой разновидности силикатовой группы. Отличительной особенностью данной группы бентонитов является высокое содержание аморфного кремния (около 34 %) и различных микро- и макроэлементов, представленных легкоусвояемыми соединениями [1].

Кислый кальций – соединение, полученное в ходе окисления кормового кальция кукурузным экстрактом. Способствует высокой усвояемости кормов за счет активации пищеварительных ферментов, а также поддерживает равновесие фосфора и кальция в организме бройлеров [5].

Материалы и методы. Исследования проведены на базе Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии и кафедры строительных материалов и конструкции Кубанского агроуниверситета им. И. Т. Трубилина.

Для проведения эксперимента было сформировано шесть групп цыплят-бройлеров кросса КОББ-500 – пять опытных и контрольная (n=20). Кормление цыплят осуществлялось полнорационным комбикормом по следующей схеме: с момента рождения до 14 дня жизни – старт; с 15 до 28 дня – рост; с 29 дня до убоя – финиш.

Опытным группам птицы с 15 по 42 день жизни в корма основного рациона вводились изучаемые соединения и их комбинации, тогда как цыплята контрольной группы получали только полнорационный комбикорм (таблица 1).

На 42 день исследования из каждой группы методом случайной выборки был произведен контрольный убой птицы (по четыре особи из группы – 2 самки и 2 самца) с анатомической разделкой и отделением костей нижних конечностей с их дальнейшей зачисткой, включающей удаление сухожилий и хрящевой ткани. После чего кости подвергались компрессионным испытаниям в вертикальном направлении (в плоскости, моделирующей естественную нагрузку массы тела на костный аппарат конечностей птицы) электрогидравлическим испытательным прессом «ПИ-5000 кН».

Предварительно исследуемые образцы костей бедер и голени подвергались распилу под углом 90° с целью отделения диафизов в виде цилиндров длиной 3 см для их устойчивости на приборе. Из образцов был удален костный мозг. Сушка костей не проводилась.

Таблица 1 – Схема опыта (n=20) / Table 1 – Scheme of the experiment (n = 20)

Группа / Group	Доза / Dose	Продолжительность экспериментального периода / Duration of the experimental period
1 Опытная / 1 Experimental	ОР + силиостин 1,0 % / BD + siliostin 1,0 %	15–42 день / 15–42 day
2 Опытная / 2 Experimental	ОР + Са кислый 2,5 % + силиостин 1,0 % / BD + Ca acidic 2,5 % + siliostin 1,0 %	
3 Опытная / 3 Experimental	ОР + бентонит 1,0 % / BD + bentonite 1,0 %	
4 Опытная / 4 Experimental	ОР + Са кислый 2,5 % + бентонит 1,0 % / BD + Ca acidic 2,5 % + bentonite 1,0 %	
5 Опытная / 5 Experimental	ОР + Са кислый 2,5 % / BD + Ca acidic 2,5 %	
Контрольная / Control	корма ОР / basic diet (BD)	

На момент начала компрессионных испытаний каждый цилиндр поочередно устанавливался на точку воздействия силы сжатия в электрогидравлическом прессе. После запуска прибора подавалась плавно нарастающая сила от минимального значения в 1кН и более до момента разлома костного цилиндра, при котором фиксировалась наибольшая предельная нагрузка на объект.

В процессе проведения испытания записывалась диаграмма сжатия в координатах «напряжение-деформация» на основании которой осуществлялся расчет наибольшей предельной нагрузки на кость, отражающий ее биомеханические свойства.

Результаты и выводы. В результате проведения испытания были получены следующие цифровые показатели прочности костной ткани костей бедра и голени подопытных цыплят-бройлеров (таблица 2).

Таблица 2 – Механическая прочность костей цыплят-бройлеров ($M \pm m$; n=4)

Table 2 – Mechanical strength of the bones of broiler chickens ($M \pm m$; n=4)

Группа / Group	Максимальное значение предельной нагрузки костей кН / Maximum value of ultimate load of bones, kN	
	бедра / femur	голени / leg
1 Опытная / 1 Experimental	1,17±0,03***	1,22±0,04**
2 Опытная / 2 Experimental	1,10±0,04	1,13±0,02**
3 Опытная / 3 Experimental	1,07±0,08**	1,10±0,07**
4 Опытная / 4 Experimental	1,05±0,04*	1,05±0,05*
5 Опытная / 5 Experimental	0,71±0,06	0,73±0,04
Контрольная / Control	0,83±0,05	0,86±0,04

Степень достоверности: *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$ по отношению к контролю.

Анализ значений наибольшей предельной нагрузки костей бедра установил, что устойчивость выдерживать максимальные показатели прилагаемой силы была выше у костных цилиндров в первых трех опытных группах. При этом различия с контрольными аналогами по этим группам составили 1,41 раз (первая опытная), 1,33 раза (вторая опытная) и 1,29 раза (третья опытная) соответственно. В 4 опытной группе различия с контролем составили 20,9 %, тогда как 5 группа имела самые низкие показатели максимального значения предельной нагрузки, которые оказались ниже контрольных значений на 16,9 %.

Аналогичные показатели были получены и при оценке биофизических свойств костей голени цыплят-бройлеров. Максимальные значения регистрировались у образцов первых трех опытных групп, превышая параметры прочности костной ткани контрольной птицы в 1,42; 1,31 и 1,28 раза соответственно. Различия между четвертой опытной группой и группой контроля составили 18,1 % в пользу опытных бройлеров, тогда как использование в рационе Са кислого не только не укрепило костную ткань нижних конечностей птицы, но и, напротив, способствовало ухудшению показателей их механической прочности, что проявилось снижением значений компрессионных испытаний птицы пятой опытной группы на 17,8 % относительно контрольных аналогов.

Анализируя полученные результаты можно сделать следующий вывод. Именно наличие двух форм кремния (ортокремниевые эфиры оксиаминокислот и оксикарбоновых кислот и свободный ионный кремний) в составе препарата силиостин позволило обеспечить максимальную степень минерализации костного матрикса костей нижних конечностей птицы и их структурную целостность, а также добиться сопряженности кальций-фосфорного соотношения, повысив скорость кальцификации костей за счет активности остеобластов. К тому же всасывание микро- и макроэлементов в кровь из желудочно-кишечного тракта подконтрольно наличию доступного кремния в составе корма и его высокое содержание в организме способствует увеличению концентрации и биодоступности других остеотропных минералов, таких как Zn, Mn, Mg.

Скармливание одной бентонитовой глины в составе полнорационного комбикорма из-за неполной биодоступности соединений кремния, входящих в ее состав (диоксид кремния и аморфный кремний), не смогло в полной мере обеспечить потребность организма птицы данным остеогенным микронутриентом, принимающим непосредственное участие в механизмах роста и репарации остеоцитов. Тем не менее, различия по показателям предельной нагрузки между первой и третьей опытными группами были незначительными, составляя 8,5 % в пользу цыплят первой группы.

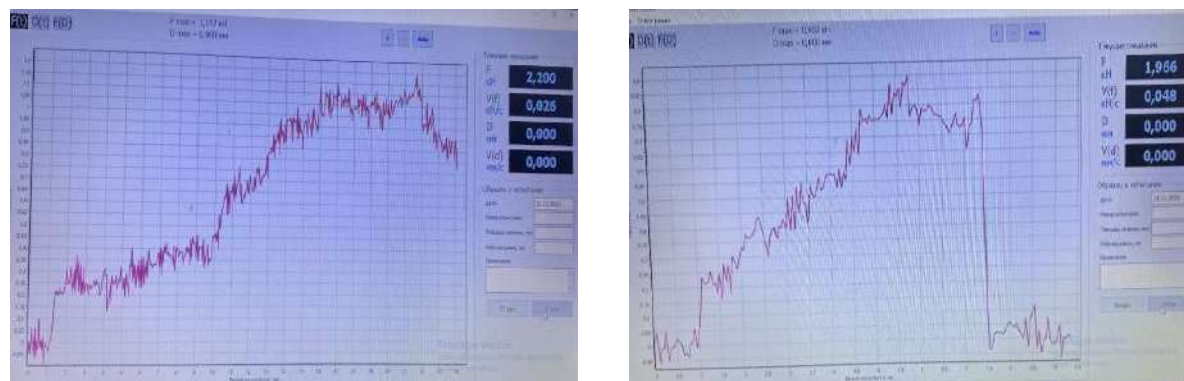
Однако потребление птицей бентонита в чистом виде показало результаты значительно лучше, чем его потребление в комбинации с кислым кальцием, поскольку при совместном потреблении птицей избытка таких элементов как Са и Si не происходит нормального усвоения ни одного из них, так как они конкурируют за один путь всасывания, что подтверждают результаты, полученные в группе с применением кислого кальция и силиостина.

Введение в кормовой рацион кислого кальция в чистом виде не только не оказало положительного эффекта на показатели прочности костей, но и ухудшило всасывание самого кальция за счет низкой pH кормовой добавки и ее биодоступности.

Одной из основных характеристик костной ткани является так называемая величина напряжения кости в момент ее разрушения. Именно величина напряжения в момент разрушения кости (НМР) указывает на прочность костной ткани. Поэтому следующим этапом исследований явились обработка и анализ графиков компрессионных испытаний костей бедра и голени подопытной птицы, полученных во время подачи нагрузки (увеличение и уменьшение силы), в которых ось ординат была представлена нагрузкой (кН), а ось абсцисс временем (секунды), в которое подавалась конкретная сила (рисунок 1).

Сравнивая графики в группе с максимальной устойчивостью костей нижней конечности (1 опытная) с группой контроля, можно отметить следующее. В начале подачи наименьшей силы (1 кН) происходит минимальное нагружение костного цилиндра, вследствие чего деформации кости не происходит. При постепенном нарастании силы кривая графика постепенно идет на увеличение, где сила прямо пропорциональна вре-

мени. Постепенное нарастание силы идет до момента разлома костного цилиндра, после чего линия графика идет на спад. При этом стоит отметить, что чем прочнее кость, тем более плавно идет ее разрушение под действием нагрузки. Так, в опытной группе наблюдается плавное снижение линии графика с прямой пропорциональностью силе сжатия, что говорит о постепенном разломе костной ткани. В контрольной группе происходит резкий скачок линии графика после момента разлома, что говорит о радикальной деформации кости с ее максимальным повреждением.



а – 1 опытная группа /
a – 1 experimental group

б – контрольная группа /
b – control group

Рисунок 1 – Графики компрессионных испытаний костей нижних конечностей цыплят-бройлеров

Figure 1 – Graphs of compression tests of the bones of the lower limbs of broiler chickens

Выводы. Таким образом, можно отметить, что использование в составе полнорационных кормов птицы кремнийсодержащих кормовых добавок приводит к увеличению количественных характеристик таких биофизических параметров костной структуры, как плотность и устойчивость к механическому сжатию. При этом использование препарата силиостин в чистом виде оказывает наилучшее влияние на механические показатели костей нижних конечностей цыплят, что объясняется оптимальным компонентным составом препарата и его высокой биодоступностью для организма.

Библиографический список

1. Власенко А. А., Семенов К. А., Семенов М. П. Влияние нового остеотропного препарата на гравиметрические и биохимические показатели цыплят-бройлеров // Научно-практический журнал: Новости Науки в АПК. Ставрополь, 2021. № 1. С. 20-21.
2. Гребенщиков А. В. Метаболический статус цыплят бройлеров на фоне применения корнитинсодержащей добавки "стролитин" // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 7-3 (49). С. 31-33.
3. Кошаев А. Г. Влияние способа выращивания и кормления с применением кормовой добавки на организм перепелов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 90. С. 104-112.
4. Петенко А. И. Использование в птицеводстве функциональных кормовых добавок из растительного сырья // Ветеринария Кубани. 2013. № 5. С. 20-23.
5. Результаты использования кукурузного экстракта в кормлении цыплят-бройлеров / А. А. Свистунов, Н. В. Агаркова, Д. В. Осепчук, А. А. Перезва // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2021. Т. 10. № 2. С. 27-30.
6. Семенов М. П. Анализ незаразной патологии цыплят-бройлеров в различные возрастные периоды // Ветеринария Кубани. 2015. № 2. С. 4-6.

7. Семененко М. П. Оценка эффективности препарата гепрасан при профилактике микотоксикозов у цыплят-бройлеров // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2018. № 1 (25). С. 95-98.

8. Brickett K. E., Dahiya J. P. The impact of nutrient density, feed form, and photoperiod on the walking ability and skeletal quality of broiler chickens // Poult Sci. 2007. № 86. P. 2117–2125.

9. Erdal R., Ljokjel K. Sensorial quality and bone strength of female and male broiler chickens are influenced by weight and growth rate // British Poultry Science. 2012. No 53 (5). P. 616-622.

10. Groves P. J., Muir W. I. Earlier hatching time predisposes cobb broiler chickens to tibial dyschondroplasia // Animal. 2017. V. 11 (1). P. 112–120.

11. Pedersen I. J. Effects of environmental enrichment on health and bone characteristics of fast growing broiler chickens // Poult. Sci. 2020. V. 99 (4). P. 1946–1955.

12. Possibility of using a new osteogenic drug in the prevention and treatment of dyschondroplasia in broilers / A. Vlasenko, D. Vinokurova, D. Osepchuk, K. Semenenko, M. Semenenko, E. Kuzminova // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. V. 354 LNNS. P. 277-286.

Информация об авторах:

Власенко Артем Андреевич, аспирант отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия).

ORCID: 0000-0002-7580-8966; **E-mail:** artem.vlasencko@yandex.ru

Семененко Марина Петровна, заведующая отделом фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1), доктор ветеринарных наук, доцент,

ORCID: 0000-0001-8266-5900, E-mail: sever291@mail.ru.

Кузьминова Елена Васильевна, главный научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1), доктор ветеринарных наук, доцент.

ORCID: 0000-0003-4744-0823, E-mail: niva1430@mail.ru.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-39

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF CARE FOR MELON CROPS

V. A. Tseplyaev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 01.02.2022

Submitted 14.04.2022

Abstract

Introduction. The production of melons and gourds is associated with the involvement, in a fairly large volume, of manual labor. It is forced to be used in the care of crops, as well as in harvesting operations. The greatest labor intensity falls on the performance of plant care. In this case, weeding rows of melons is provided. **Object.** Technological process of caring for melon crops based on theoretical research. **Materials and methods.** It should be noted that melons and weeds develop under the same conditions, therefore, there is an interdependence between them, expressed as a functional. Subsequent theoretical studies in the calculation of weediness of crops lead to obtaining some mathematical expressions for the power and logarithmic functions. **Results and conclusions.** The experimentally obtained results of the development of weeds and cultivated plants confirm the scientific hypothesis and theoretical conclusions, which is the basis for finding the beginnings of crop processing, as well as the selection of existing equipment and recommendations for the creation of new machines.

Keywords: *melon crops, perennial weed, biquadrate equation, cultivator treatment, combing mechanism.*

Citation. Tseplyaev V. A. Theoretical justification of the technology of care for melon crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 314-320 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-39.

Author's contribution. The author conducted research and theoretical justification, drew conclusions and presented the manuscript.

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

УДК 631.334

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УХОДА ЗА ПОСЕВАМИ БАХЧЕВЫХ

В. А. Цепляев, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.02.2022

Дата принятия к печати 14.05.2022

Актуальность. Производство бахчевых культур сопряжено с привлечением в достаточно большом объеме ручного труда. Его вынуждены применять при уходе за посевами, а также в операциях уборки. Наибольшая трудоемкость приходится на выполнение ухода за растениями. В этом случае предусмотрена прополка рядков бахчевых. **Объект.** Технологический процесс ухода за посевами бахчевых культур на основе теоретических изысканий. **Материалы и методы.** Следует отметить, что бахчевые и сорняки развиваются в одинаковых условиях, следовательно, между ними наблюдается взаимозависимость, выраженная в виде функционала. Последующие теоретические исследования в расчете засоренности посевов приводят к получению некоторых математических выражений степенной и логарифмической функций. **Результаты и выводы.** Полученные экспериментальным путем результаты развития сорняков и культурных растений подтверждают научную гипотезу и теоретические выводы, что является основой при нахождении начала обработки посевов, а также подбору существующей техники и рекомендациям по созданию новых машин.

Ключевые слова: бахчевые культуры, многолетние сорняки, технологии возделывания бахчевых культур, культиваторная обработка бахчевых культур, вычесывающие механизмы.

Цитирование. Цепляев В. А. Теоретическое обоснование технологии ухода за посевами бахчевых. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 314-320. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-39.

Авторский вклад. Автор провел исследование и теоретическое обоснование, сделал выводы и представил рукопись.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При возделывании сельскохозяйственных культур существенная часть технологических операций механизирована полностью. Созданы комплексы машин, обеспеченные автоматизированными системами, способными выполнять операции без участия человека. Это относится к производству и переработке зерновых, масличных, крупяных и ряда других культур [2].

Однако, несмотря на значительные достижения в области механизации и автоматизации в агропромышленном комплексе, довольно существенная группа операций при возделывании и уборке ряда культур выполняется с использованием ручного труда. Это относится, в первую очередь, к овощебахчевым культурам, винограду, фруктовым и ягодным культурам и т.д. Необходимость применения ручного труда связана с особенностями биологического развития этих культур и в результате со сложностью, а иногда с невозможностью механизации самой операции [6,8]. Чтобы определить алгоритм решения задачи механизированной технологии с применением ручного труда, рассмотрим наиболее сложный, на наш взгляд, процесс возделывания бахчевых культур. В соответствии с технологической картой возделывания бахчевых исследуем обработку всходов культурных растений от сорняков, выборочный и сплошной сбор урожая [3, 5, 9, 10].

Большая часть затрат ручного труда при прополке рядков и уборке урожая бахчевых приходится на прополку [6, 11, 12]. В первую очередь это обусловлено тем, что количество времени при прополке ограничено по сравнению с уборкой [1, 6, 8]. Кроме этого, прополка одних и тех же участков выполняется не один, а несколько раз, иногда до 3-х в зависимости от засоренности [7, 8].

Операция начала обработки рядков бахчевых культур от сорняков неразрывно связана с посевом семян. Появление всходов напрямую зависит от многих факторов: состояния и типа почвы, климата, прохождения периода после посева, а также вида сеялки и ее технологического процесса посева, глубины заделки и т.д. Таким образом, изучая вопрос, связанный с появлением сорняков, необходимо учитывать и сроки всходов самих растений. Если рассматривать вопрос о снижении трудоемкости через механизацию, то посев семян может быть проведен сеялками: СУПН-8,0, «Gaspardo», а также сеялками конструкции ВолГАУ. Сеялки СУПН-8,0 и «Gaspardo» выполняют точный посев сухих семян на глубину 6...8 см (глубина начала влажного слоя почвы). При этом в зависимости от влажности почвы, ее температуры и воздуха, всходы могут появиться на 12-15 день [4]. Сеялка «конструкции ВолГАУ» отличается тем, что она способна выполнять посев пророщенных семян [4]. Всходы растений при благоприятных климатических условиях появляются уже на 4...5 день. Таким образом, разница в появлении всходов при посеве сухими или пророщенными семенами составляет от 7 до 10 дней [4]. Ранее отмечалось, что в период от посева до появления всходов интенсивно развивается сорная растительность. Для выбора машин при посеве семян и последующей прополки рядков следует изучить некоторые физико-механические свойства сорных и культурных растений, учитывая, что часть сорняков, расположенных в самих рядках, приходится пропалывать вручную.

Материалы и методы. Сроки прополки сорняков должны быть строго соблюдены, поскольку динамика их развития существенно выше, чем самих культурных растений. Поэтому при бурном росте сорняков они угнетают или вызывают полную гибель культурных растений.

Функция отображающая развитие сорняков и культурных растений одинакова. Она может быть разложена в степенной ряд Маклорена:

$$f(x) = a + a_1k + a_2x^2 + \dots + a_nx^n. \quad (1)$$

Эту функцию можно аппроксимировать, используя многочлены.

Для решения таких функций применяют функционалы – это функции, определенные на некотором множестве функций. При анализе функционалов, используемых на множестве агрофитоэкоцинозов, установлено, что их значения можно определить через уравнения степенной функции:

$$M_i = a_i \cdot x_i^{b_i}, \quad (2)$$

где a_i и b_i – численные значения величин, полученных экспериментальным путем; x_i – величины значений факторов характеризующих сорняки (масса сорняков, высота сорняков и т.д.) M_i .

Закон аллометрического роста описывается именно этой зависимостью. Он может быть записан в виде:

$$M'(t) = \beta M'(t), \quad (3)$$

где $M'(t)$ – скорость роста растений во времени или производная роста в рассматриваемые периоды; β – показатель скорости роста сорняков (в правой и левой $M'(t)$).

Математическое решение равенства приводит к экспоненциальному закону:

$$M(t) = M_0 \cdot e^{\beta(\bar{t}-t_0)},$$

где M_0 – значение функционала M в некоторый начальный момент времени t_0 .

Здесь следует учитывать, что время развития сорняков и культурных растений одинаковое, поэтому речь может идти о двух функционалах, подчиняющихся закону аллометрии. Оба они являются следствием экспоненциального вида их возможного изменения по одному и тому же периоду времени.

Два функционала (всходы и рост растений, всходы и рост сорняков будут записаны:

$$\begin{cases} \frac{1}{\beta_1} \ln \frac{x_1}{x_p} = t - t_0, \\ \frac{1}{\beta_2} \ln \frac{x_2}{x_c} = t - t_0. \end{cases} \quad (4)$$

где β_1 и β_2 – показатели скорости роста растений бахчевых и сорняков соответственно.

Правые части уравнений равны, следовательно, левые тоже:

$$\frac{1}{\beta_1} \ln \frac{x_1}{x_p} = \frac{1}{\beta_2} \ln \frac{x_2}{x_c}. \quad (5)$$

Отсюда:

$$\ln \left[\left(\frac{x_1}{x_p} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1}} : \left(\frac{x_2}{x_c} \right) \right] = \ln 1, \ln 1 = 0. \quad (6)$$

Решение такого равенства приводит к выражению:

$$\frac{x_1^{\beta_1/\beta_2}}{x_p^{\beta_1/\beta_2}} \cdot \frac{\beta_2}{\beta_1} = 1. \quad (7)$$

Отсюда:

$$\alpha_2 = \frac{x_c}{x_p^{\beta_1/\beta_2}} \cdot x_1^{\frac{\beta_1}{\beta_2}}. \quad (8)$$

Введем обозначения:

$$d = \frac{x_c}{x_p^{\beta_1/\beta_2}}, i = \frac{\beta_2}{\beta_1}, \quad (9)$$

где d и i – структурные постоянные; d – определяет нулевые значения (начало); i – это отношение показателей β_2 и β_1 , изменение скорости функционалов x_2 и x_1 .

Результаты и обсуждение. Часто в теории аллометрии используют не временные периоды, а переходят к пониманию «физиологического времени». Отсчет по «физиологическим часам» проводят по фазам развития растения, связанным напрямую с засоренностью. Если, к примеру, обратиться к развитию бахчевых, то предельное значение сорной растительности известное для каждой фазы и может быть положено в основу расчетов.

В последующем, используя экспериментальные значения, полученные по результатам исследований, теоретически выявили коэффициент относительного прироста сорняков к концу фаз развития бахчевых:

$$\Delta_c = \frac{v_{с.ф.} - v_{с.в.}}{v_{п.в.}}, \quad (10)$$

где $v_{с.ф.}$ – фактическое количество сорной растительности к концу фазы, шт.; $v_{с.в.}$ – число сорной растительности при всходах бахчевых (нулевое значение), шт. $v_{п.в.}$ – предельное значение сорняков для каждой фазы, шт.

Период развития культурных растений бахчевых до фазы «шатрик» по агротехнически допустимому требованию при наличии сорной растительности должен быть минимальным, напротив, увеличение сорной растительности в посевах приводит к угнетению культурных растений и, соответственно, к увеличению физиологических фаз.

Это время можно будет представить в виде:

$$t_\phi = t_0 + \Delta t, \quad (11)$$

где t_ϕ – время физиологической фазы, ч; Δt – дополнительный период времени при наличии сорной растительности, ч.

Относительное увеличение фазы можно представить:

$$k_t = \frac{t_\phi}{t_0} = \frac{t_0 + \Delta t}{t_0} = 1 + \frac{\sum \Delta t}{t_0}, \quad (12)$$

а относительный прирост бахчевых определится:

$$\Delta'_c = 1 - \frac{\sum \Delta t}{t_{ш}}, \quad (13)$$

где $t_{ш}$ – время до наступления фазы «шатрик», ч; $\sum \Delta t$ – суммарное значение увеличения времени по фазам, ч.

Поскольку ранее отмечалось, что сорняки снижают динамику прироста культурных растений, то последняя формула логически отвечает этому выводу.

Наиболее важным в расчетах является прирост бахчевых, поэтому переходим к определению коэффициента динамики прироста - Δ'_δ . Величина Δ'_δ колеблется от 0 до 1, т.е.

$$0 \leq \Delta'_\delta \leq 1$$

Понятно, что максимальное значение «1» отвечает наилучшим условиям роста бахчевых, а при $\Delta'_\delta = 0$ условия – худшие, при этом возможна гибель растений.

Наблюдениями установлено, что прирост растений по фазам неравномерный, и проведенная аппроксимация позволила найти зависимости, которые связывают развитие растений бахчевых и сорняков [7, 8].

Все кривые носят степенной характер и уравнение в общем виде будет записано:

$$\Delta'_c = a \cdot \Delta_\delta^p. \quad (14)$$

В результате аппроксимации функции $\Delta'_c = f(\varphi)$, $\Delta_p = f(\varphi)$ получены равенства: одно – относительного развития сорняков по фазам развития бахчевых:

$$\Delta'_c = a_c \cdot \varphi_c^p, \quad (15)$$

второе – относительного прироста бахчевых по фазам засоренности:

$$\Delta'_6 = a_6 \cdot \varphi_6^p, \quad (16)$$

где a_c, a_6 – коэффициенты начальных условий (точки отсчета) сорняков и бахчевых; φ_c^p, φ_6^p – фазы развития сорняков и бахчевых.

Если считать, что временные точки отсчета сорняков и бахчевых одинаковые, то и временные периоды прохождения фаз тоже одинаковые. Тогда коэффициент прироста сорняков определится из пропорции:

$$\frac{\Delta'_6}{\Delta'_c} = \frac{a_c \cdot \varphi_c^p}{a_6 \cdot \varphi_6^p}, \quad (17)$$

$$\Delta'_c = \frac{\Delta'_6 \cdot a_6 \cdot \varphi_6^p}{a_c \cdot \varphi_c^p}. \quad (18)$$

Полученное выражение (18) в общем виде устанавливает зависимость прироста сорняков при прохождении растениями бахчевых определенных фаз развития.

Для подтверждения полученных теоретических выводов в виде равенства (18) использовались статистические данные по развитию растений бахчевых и многолетних сорняков, по которым выведена зависимость в виде биквадратного уравнения (19) на богаре на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в посевах арбузов сорта «Крим-Свит» и сорняка осота.

Полученная кривая, характеризующая зависимость засоренности многолетними сорняками x (шт./м²) от развития растения по количеству листьев n , представляет собой полином четвертой степени:

$$x = 0,5104n^4 - 3,7847n^3 + 10,969n^2 - 5,1587n + 0,3274. \quad (19)$$

В приближенном виде для упрощения практических расчетов, полиномиальную кривую можно описать и полиномом второй степени:

$$x = 3,8758n^2 - 3,534n + 0,7899. \quad (20)$$

С другой стороны, зависимость засоренности поля многолетними сорняками от развития растения можно представить в виде логарифмической зависимости, описываемой выражением:

$$x = 3,9534^{1,33} \cdot n \cdot \ln(n)^2 + 2,86 . \quad (21)$$

На рисунке 1 графическое представление зависимостей (19) и (21). Следует отметить, что коэффициент корреляции между этими кривыми составляет $r=0,987$, что подтверждает гипотезу о взаимосвязи развития бахчевых и сорняков.

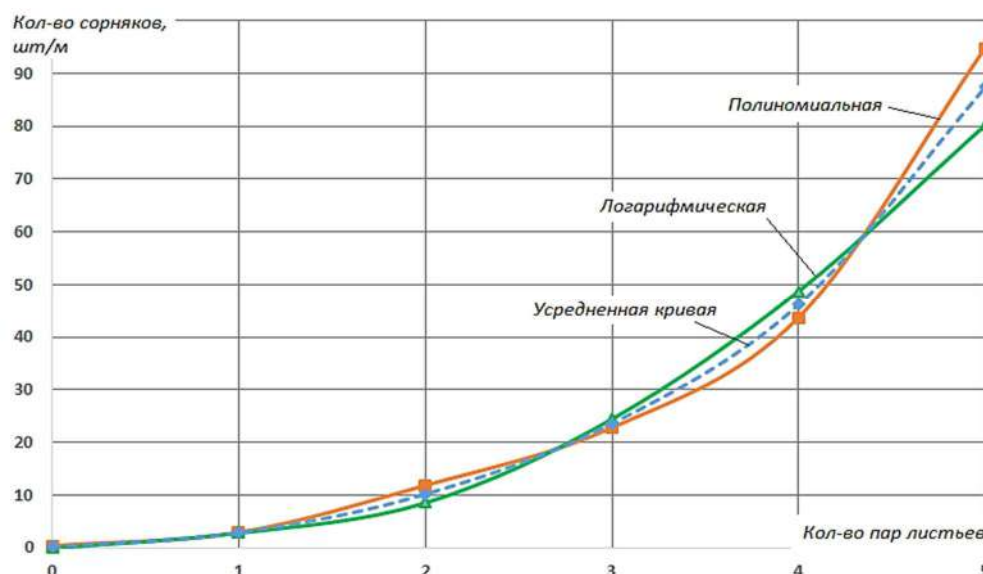


Рисунок 1 – Кривые зависимостей засоренности многолетними сорняками x от развития растения по количеству пар листьев

Figure 1 - Curves of dependence of weeds infestation by perennial weeds x on the development of the plant by the number of pairs of leaves

Усредненная кривая с коэффициентом корреляции $r = 0,987$ с большой долей вероятности указывает на совпадение представленных графиков, что подтверждает гипотезу связи роста сорняков и бахчевых.

Выводы. Наиболее динамично прирост сорняков наблюдается в период развития основных растений между появлением 3 и 4-го листьев. Последующий прирост (между 4 и 5 листьями) приводит к увеличению сорняков практически в 2,5 раза. Отсюда следует, что уничтожение сорняков в посевах должно выполняться не позже появления 4-го листа на основных растениях бахчевых. Период между 3-м и 4-м листом изучаемых растений составляет 4...5 дней.

Ранее отмечалось, что при возделывании бахчевых в настоящее время часть операций (прополка бахчевых в рядках) выполняется только вручную. Следовательно, задача при обработке посевов бахчевых сводится к тому, чтобы при использовании различных вариантов уничтожения сорняков снизить площадь обработки вручную до минимума.

Поэтому расчет необходимого количества машин для обработки посевов бахчевых следует проводить исходя из этих соображений. Наиболее распространенными для обработки посевов бахчевых машинами являются пропашные культиваторы отечественного производства серии КРН и зарубежные аналоги типа JohnDeere 825. Это могут быть культиваторы для междурядной обработки (КРН-5,6, КНЭ-3,8А, КПК-4, ТНЕМА и другие). В этом случае необходимо учесть конечную целевую функцию при применении машин. В основе такой функции может быть производительность, качество технологического процесса, физико-технологические и биологические свойства сорняков, их корневой системы и т.д.

Поэтому необходимо провести сравнение показателей при использовании предлагаемых и разработанных для этой цели машин.

В качестве разработанных машин могут быть машины с рабочими органами вычесывающего типа.

Такие рабочие органы роторного типа обеспечивают точное перемещение ротора относительно оси рядка, снижая до минимума защитную зону и увеличивая период между прополками.

При больших расстояниях между растениями в рядке (от 1,0 м) возможно применение машин с поворотными лапами-бритвами, способными обрабатывать от сорняков сам рядок.

Таким образом, комплексный подход к решению задачи борьбы с сорняками позволяет существенно повысить скорость обработки и снизить затраты труда, свести к минимуму количество обработок, уменьшить затраты ручного труда и себестоимость.

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. Гурба А. В., Седов А. В., Шапров М. Н. Механизация технологического процесса уборки бахчевых культур // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2018. № 2. С. 137-140.
4. Теоретические исследования по определению допустимой скорости ложечек высевающего аппарата для посева проросших семян бахчевых культур / А. Н. Цепляев, А. В. Харлашин, М. В. Ульянов, Д. В. Скрипкин // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 75-77.
5. Теоретические исследования по изучению перекачивания сферических и тороидальных тел на примере плодов бахчевых культур / А. Н. Цепляев, М. В. Ульянов, С. В. Климов, А. В. Цепляев // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 62-65.
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., Шапров М. Н., Цепляев А. Н. Оптимизация параметров технологического процесса поверхностной обработки почвы роторным автоприводным агрегатом // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 160-165.
8. Цепляев В. А., Матасов А. Н., Цепляев А. Н. Агрегат для удаления сорняков методом теребления // Сельский механизатор. 2014. № 9. С. 8-9.
9. Шапров М. Н., Гурба А. В., Седов А. В. Разработка технологии механизированной уборки бахчевых культур и машины для ее реализации // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2021. № 7. С. 31-34.
10. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Роторная машина для уборки бахчевых культур // Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 8-9.
11. Analytical Determination of Technological Parameters in the Work of a Self-driving Machine for Soil Loosening and Weeds Removing / A. N. Matasov, A. N. Ceplyaev, M. V. Ulyanov [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 206. P. 1079-1085.
12. Murmu K., Thakur T. C. Design and development of combined conservation Tillage machine with chiselers and clod pulverizing roller // AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. № 50 (1). P. 66-72.

Информация об авторах

Цепляев Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, ректор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), т. +7 (8442) 41-17-84, E-mail: volgau@volgau.com

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY OF SLOTTING OF RECLAIMED SOILS

N.N. Dubenok¹, A.E. Novikov², T.G. Konstantinova², M.I. Filimonov²

¹*Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy
named after K. A. Timiryazev, Moscow*

²*Federal State Budget Institution «All-Russian Scientific Research
Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd*

Received 13.03.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

The article presents the results of the development of the working bodies of the slot cutter for making narrow and ultra-narrow slots on plantations of annual and perennial fodder grasses, the basic principles of their design based on the use of modern economically available materials and the technology of hardening knives, chisels, blades and other elements that provide a high technical resource are considered.

Abstract

Introduction. In the natural conditions of the Lower Volga region, sustainable and sufficient crop yields can be guaranteed only with regular irrigation but during irrigation, the top layer of the soil is compacted, reducing the intensity of gas exchange and the absorption capacity of the soil, and a runoff of irrigation water is formed in the lowering of the field relief. To rehabilitate compacted soils and prevent water erosion, crevices are made. The slot cutters used in practice do not fully meet the requirements of the desired physical state and the energy parameters of the operations and their service life does not exceed 20-40 hectares of cultivated area of crops. The purpose of the study is to develop the design of the working bodies of the slot cutter, ensuring their maintainability and high technical resource, high-quality crafting of narrow and ultra-narrow slots on licorice plantations, old-growth crops of legumes and other annual and perennial fodder grasses. **Object.** The objects of the study were the working bodies of the slot cutter, the technological process of slotting the soil. **Materials and methods.** Agrotechnical assessment of soil slotting was carried out on plantations of perennial fodder grasses at a slotting depth of 0.45-0.65 m. The slots were cut at a distance of 1.0-1.4 m with a loosened strip width on the field surface up to 0.35 m. The shape of the front surface of the working bodies was designed to ensure the agrotechnical quality of work, including the least resistance to movement, the minimum force on the vertical movement of the surface layer and the sliding of plant residues from the front surface. **Results and conclusion.** A model range of reliable and technological working bodies for crafting narrow and ultra-narrow soil cracks has been developed, the principles of their design based on the use of modern economically available materials and the technology of hardening knives, chisels, blades and other elements have been proposed. The problems of self-cleaning of removable blades, increasing their operating time up to 450 ha with a soil hardness of 4.5 MPa, compacting and reinforcing the walls of the soil crack to give stability to crumbling from soil swelling and runoff of irrigation water are structurally solved. The technology of slotting reclaimed soils makes it possible to increase the depth of wetting and minimize water losses due to evaporation from the lower layers, create favorable conditions for intensive plant development due to aeration between slots and irrigation.

Key words: slotting, slot cutter, construction, technical resource, maintainability, soil, irrigation, perennial herbs.

Citation. Dubenok N.N., Novikov A.E., Konstantinova T.G., Filimonov M.I. Technique and technology of slotting of reclaimed soils. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 321-328 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-40.

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

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

УДК 631.51.014:631.67

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ЩЕЛЕВАНИЯ
МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВ****Н. Н. Дубенок¹**, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН**А. Е. Новиков²**, доктор технических наук**Т. Г. Константинова²**, старший научный сотрудник**М. И. Филимонов²**, кандидат технических наук¹ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. В природных условиях Нижнего Поволжья получение устойчивых и достаточных урожаев сельскохозяйственных культур может быть гарантировано лишь при проведении регулярных поливов. Но при орошении верхний слой почвы уплотняется, снижая интенсивность газообмена и впитывающую способность почвы, образуется сток поливных вод в понижения рельефа поля. Для реабилитации уплотненных почв и предотвращения водной эрозии проводят поделку щелей. Применяемые на практике щелерезы в полной мере не отвечают требованиям искомого физического состояния и энергетическим параметрам выполнения операций, а срок службы их не превышает 20-40 га обработанной площади посевов. Цель исследования – разработать конструкции рабочих органов щелереза, обеспечивающих их ремонтпригодность и высокий технический ресурс, качественную поделку узких и сверхузких щелей на плантациях солодки, старовозрастных посевах бобовых и других одно- и многолетних кормовых трав. **Объект.** Объектами исследования являлись рабочие органы щелереза, технологический процесс щелевания почвы. **Материалы и методы.** Агротехническую оценку щелевания почвы проводили на плантациях многолетних кормовых трав при глубине щелевания 0,45-0,65 м. Нарезку щелей проводили на расстоянии 1,0-1,4 м при ширине разрыхленной полосы на поверхности поля до 0,35 м. Форму фронтальной поверхности рабочих органов конструировали с учетом обеспечения агротехнического качества работы, в том числе наименьшего сопротивления перемещению, минимальной силы на вертикальное перемещение поверхностного пласта и сползание растительных остатков с фронтальной поверхности. **Результаты и выводы.** Разработан модельный ряд надежных и технологичных рабочих органов для поделки узких и сверхузких почвенных щелей, предложены принципы их конструирования на основе использования современных экономически доступных материалов и технологии упрочнения ножей, долот, лезвий и других элементов. Конструктивно решены задачи самоочищения съемных лезвий, увеличения наработки их до 450 га при твердости почвы 4,5 МПа, уплотнения и армирования стенок почвенной щели для придания устойчивости обваливанию от набухания почвы и стекания оросительной воды. Технология щелевания мелиорируемых почв позволяет увеличить глубину промачивания и минимизировать потери воды на испарение из нижних слоев, создать благоприятные условия для интенсивного развития растений за счет аэрации во время между поделкой щелей и поливами.

Ключевые слова: щелевание, щелерезы, конструкции щелерезов, ремонтпригодность, мелиорируемые почвы, многолетние травы.

Цитирование. Дубенок Н. Н., Новиков А. Е., Константинова Т. Г., Филимонов М. И. Техника и технология щелевания мелиорируемых почв *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 321-328. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для условий орошаемого земледелия вопросы рационального использования воды и экологической устойчивости агроценозов к антропогенным нагрузкам при реализации их продуктивности остаются наиболее актуальными. Отдельного внимания заслуживают исследования агромелиоративных приемов обработки почвы по предупреждению ирригационной эрозии и непродуктивных потерь влаги, вызванной стоком талых, дождевых и оросительных вод, и регулированию водно-воздушного режима почвы в комплексе с другими режимами [7, 10].

Для интенсификации процессов впитывания и накопления влаги на глинистых и тяжелосуглинистых почвах специалисты рекомендуют сочетание регулярной сплошной обработки (вспашка перед влагозарядковыми или промывными поливами большой нормой; культивация перед вегетационными поливами) с периодическим глубоким рыхлением (щелевание, кротование) почвы [5, 6, 8].

Для сельскохозяйственного производства в условиях с нерегулярным и недостаточным выпадением атмосферных осадков особый интерес представляет щелевание почвы, кротование же используется главным образом в осушаемом земледелии для оперативного отвода избыточных вод по подпахотному слою.

Известно, что открытая глубокая щель длиной 100 м за период снеготаяния (около 4 суток) отводит до 430 м³ воды с поверхности пашни, а за период мерзлого состояния – может поглотить до 270 м³ воды. После щелевания почвы прибавка урожая сельскохозяйственных культур составляет от 22 до 40 %, а экономия оросительной воды за счет равномерного увлажнения и отсутствия стока при вегетационных поливах – от 16 до 23 % [1, 9, 12].

С некоторым допущением разновидностью щелевания можно считать чизельную обработку почвы. Разработан модельный ряд универсальных энергоэффективных орудий («РАНЧО», «РОПА» и их модификации) и технологии обработки почвы на глубину до 0,45 м с оборотом и без оборота пласта, позволяющие решать проблемы качественного рыхления почвы и накопления продуктивной влаги [2, 3 13]. Однако нередко (например, на многолетних кормовых травах) щелевание почвы требуется проводить на значительно большую глубину, что сопровождается интенсивным и неравномерным износом режущих органов (ножей, долот, лезвий и других элементов) вследствие повышенного (до 85 %) содержания абразивных высокотвердых минеральных частиц [4, 11, 14]. В связи с этим разработка надежных и технологичных рабочих органов щелерезов для качественного выполнения технологического процесса является актуальной задачей.

Цель исследования – разработать конструкции рабочих органов щелереза, обеспечивающих их ремонтпригодность и высокий технический ресурс, качественную подделку узких и сверхузких щелей на плантациях солодки, старовозрастных посевах бобовых и других одно- и многолетних кормовых трав.

Материалы и методы. Агротехническую оценку технологического процесса обработки почвы при использовании экспериментальных образцов рабочих органов щелереза проводили на плантациях многолетних кормовых трав при глубине щелевания 0,45-0,65 м. Нарезку щелей проводили на расстоянии 1,0-1,4 м при ширине разрыхленной полосы на поверхности поля до 0,35 м.

Форму фронтальной поверхности рабочих органов щелереза конструировали с учетом обеспечения агротехнического качества работы, в том числе наименьшего сопротивления перемещению, минимальной силы на вертикальное перемещение поверхностного пласта и сползание растительных остатков с фронтальной поверхности.

Глубину щели измеряли с помощью штыревого глубиномера. Ширину щели измеряли линейным методом.

Результаты и обсуждение. В условиях Нижнего Поволжья высокие атмосферные температуры и недостаток естественных осадков обуславливают необходимость проведения поливов сельскохозяйственных культур для получения гарантированных урожаев. Однако при орошении дождеванием, например одно- и многолетних кормовых трав, верхний слой почвы уплотняется, что влечет снижение интенсивности газообмена и впитывающей способности почвы, образование стока оросительных вод в понижения рельефа поля. В целях реабилитации уплотненных почв и предотвращения водной эрозии проводят поделку щелей щелерезами. Этот агромелиоративный прием улучшает водный, воздушный и пищевой режимы почвы, стимулирует активность почвенной микрофлоры и корнеобразование, исключает высыхание корней и иссушение почвы.

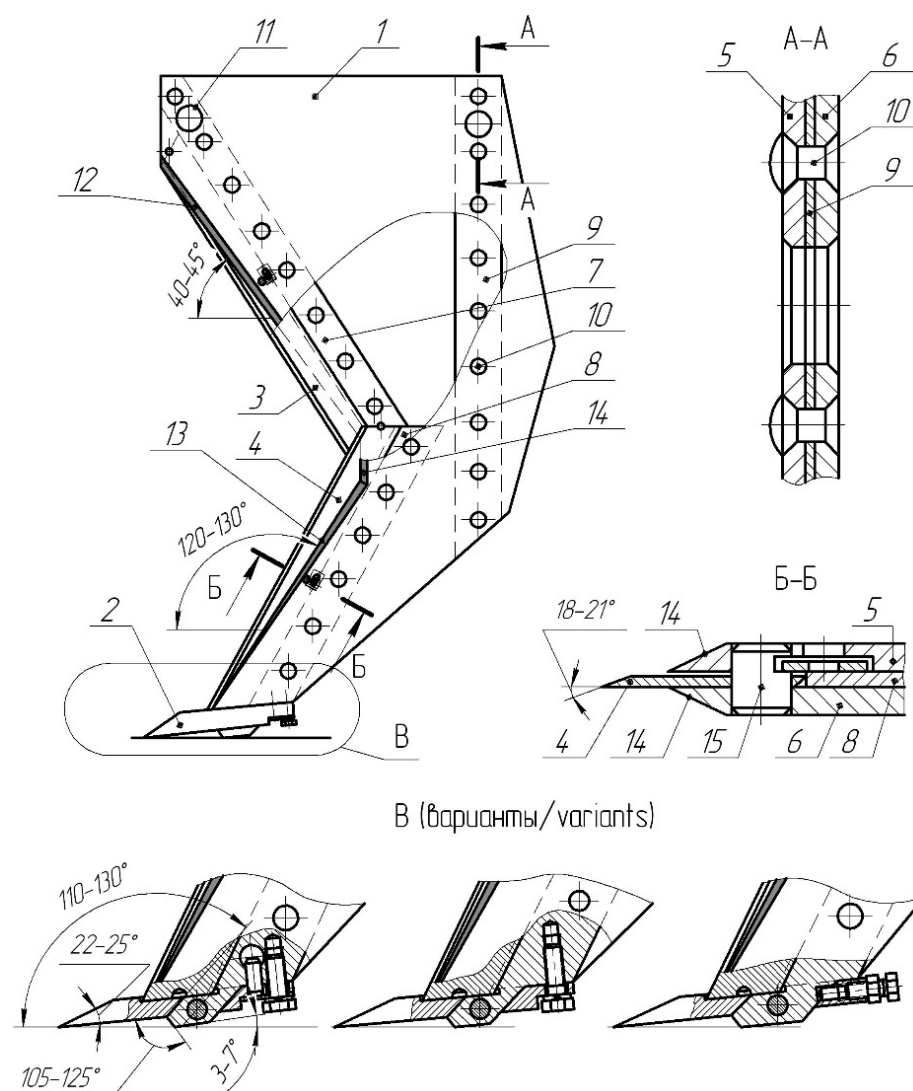


Рисунок 1 – Рабочий орган щелереза (Патент №2128895 РФ; 1 – стойка; 2 – долото; 3, 4 – верхнее и нижнее съемные лезвия; 5, 6 – левая и правая боковины стойки; 7, 8, 9 – вкладыши; 10 – заклепки $d = 10$ мм; 11 – монтажные отверстия $d = 30$ мм; 12, 13 – верхнее и нижнее скосы; 14 – вертикальный скос; 15 – штифт)

Figure 1 – Working body of slot cutter (Patent No.2128895 Russia; 1 – rack; 2 – bit; 3, 4 – top and bottom removable blades; 5, 6 – left and right sides of the rack; 7, 8, 9 – liners; 10 – rivets $d = 10$ mm; 11 – mounting holes $d = 30$ mm; 12, 13 – top and bottom bevels; 14 – vertical bevel; 15 – pin)

Но применяемые на практике способы и орудия для их реализации по снижению плотности почвы в полной мере не отвечают требованиям искомого физического состояния и энергетическим параметрам выполнения операций. В этой связи были проведены исследования и разработаны рабочие органы щелереза для поделки узких и сверхузких почвенных щелей (рисунки 1-3), предложены принципы их проектирования.

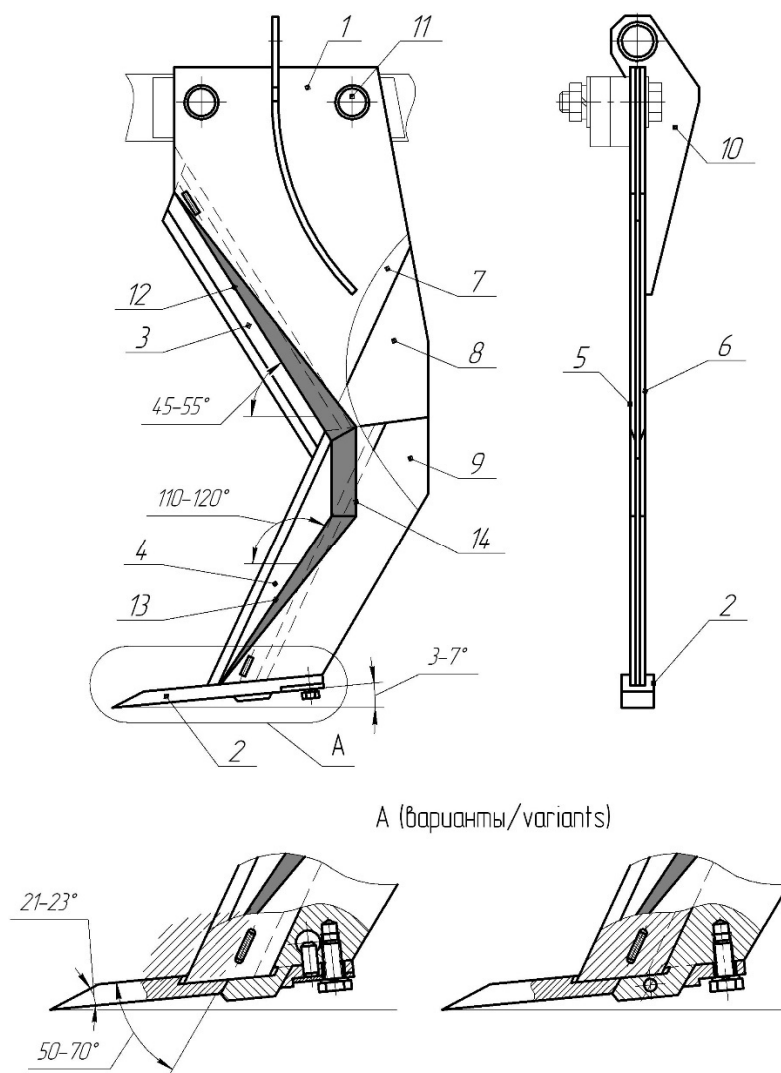


Рисунок 2 – Рабочий орган щелереза (Патент №2131650 РФ; 1 – стойка; 2 – долото; 3, 4 – верхнее и нижнее съемные лезвия; 5, 6 – левая и правая боковины стойки; 7, 8, 9 – вкладыши; 10 – монтажный кронштейн; 11 – монтажные отверстия $d = 30$ мм; 12, 13 – верхнее и нижнее скосы; 14 – вертикальный скос)

Figure 2 – Working body of slot cutter (Patent No.2131650 Russia; 1 – rack; 2 – bit; 3, 4 – top and bottom removable blades; 5, 6 – left and right sides of the rack; 7, 8, 9 – liners; 10 – mounting bracket; 11 – mounting holes $d = 30$ mm; 12, 13 – top and bottom bevels; 14 – vertical bevel)

Рабочие органы щелереза как монтируют на раме серийно выпускаемых почвообрабатывающих орудий, так и комплектуют собственной рамой. Винтовыми механизмами опорных колес раму устанавливают на заданную глубину поделки щелей, а навесным механизмом трактора корректируют положение долот к горизонту. В процессе щелевания долото прорезает щель и рыхлит полосу почвы, обеспечивая на заданной

глубине устойчивость хода стойки. При этом верхнее съемное лезвие, оказывая давление на стебли и корневые остатки в пахотном слое почвы, деформирует и разрезает их при сползании вниз. Нож долота на глубине 0,45-0,65 м также деформирует и разрывает корни, которые, поднимаясь к нижнему съемному лезвию, скользят по нему вверх.

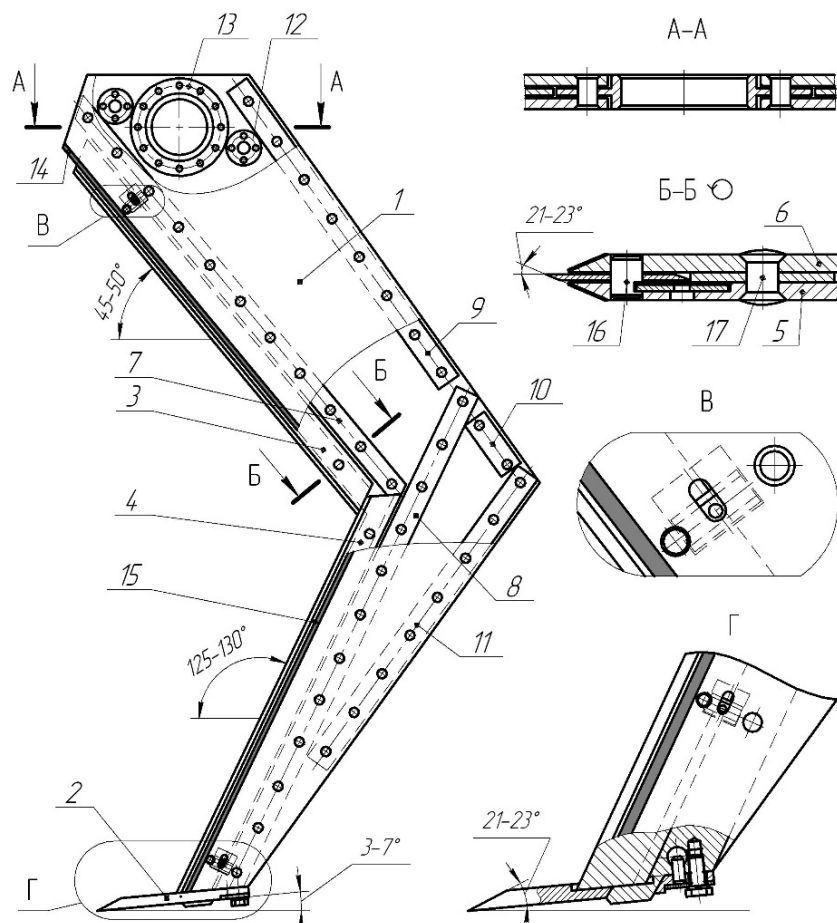


Рисунок 3 – Рабочий орган щелереза (Патент №2134033 РФ; 1 – стойка; 2 – долото; 3, 4 – верхнее и нижнее съемные лезвия; 5, 6 – левая и правая боковины стойки; 7, 8, 9, 10, 11 – вкладыши; 12, 13 – крепежные и упорное кольцо; 14, 15 – верхний и нижний скосы; 16, 17 – монтажные штифты)

Figure 3 – Working body of slot cutter (Patent No.2134033 Russia; 1 – rack; 2 – bit; 3, 4 – top and bottom removable blades; 5, 6 – left and right sides of the rack; 7, 8, 9, 10, 11 – liners; 12, 13 – fixing and thrust ring; 14, 15 – top and bottom bevels; 16, 17 – mounting pins)

Неразрезанные растительные и корневые остатки, накапливаясь на вертикальном скосе (на стыке между верхним и нижним съемными лезвиями), подвергаются максимальной боковой нагрузке и разрываются. Таким образом, обеспечивается эффект самоочистения съемных лезвий, уплотнения и армирования стенок почвенной щели за счет вдавливания в них фрагментов стеблей и корней боковинами и скосами стойки, что придает устойчивость обваливанию от набухания почвы и стекания оросительной воды.

При конструировании рабочих органов щелереза в целях снижения энергоемкости процесса, допустимого повреждения корневой системы травостоя и наибольшей заглубляющей силы приняты параметры: толщина стойки – 14,5 мм, ширина боковин

стойки – 6 мм, ширина долота – 40-50 мм, толщина долота – 14 мм, угол установки долота – 3-7°, толщина ножа – 2 мм, угол установки ножа – 45-65°, значения остальных углов наклона элементов рабочих органов показаны на рисунках.

Для обеспечения заданной жесткости в продольно-вертикальной и поперечно-вертикальной плоскостях вкладыши рабочих органов соединены между собой контактной сваркой в монолитный блок, повторяющий внешний контур боковин. Сменное долото и стойка соединены по типу «ласточкин хвост».

Для обеспечения высокого технического ресурса режущих органов и стойки, снижения интенсивности их износа при абразивном воздействии частиц почвы долота и ножи изготавливали соответственно из стали У10 и У12 ГОСТ 1435-74. Кромки ножей упрочняли до твердости 60-65 HRC объемной закалкой, тогда как твердость их плоских частей не превышала 15-20 HRC. Боковины стойки выполняли толщиной 6 мм из листовой стали 70Г ГОСТ 1542-71, вкладыши – толщиной 2,5 мм и шириной 40 мм из Ст3 ГОСТ 535-78. На кромки верхнего и нижнего скосов напыляли износостойкий материал (порошок карбида кремния) толщиной 0,6-0,9 мм.

Оценку качества технологического процесса поделки узких и сверхузких щелей проводили на посевах многолетних кормовых травах, возделываемых при орошении дождеванием на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Наблюдения показали, что по нарезанным щелям оросительная вода стекает вниз, увеличивая глубину промачивания и пополняя запасы влаги в корнеобитаемом горизонте. Узкая щель после заполнения водой в первую очередь смыкается в верхней части. Это исключает испарение воды из нижних слоев, а корням растений позволяет интенсивно развиваться как за счет аэрации в промежулке между поделкой щели и поливами, так и за счет поступления оросительной воды.

Установлено, что при нарезании щелей износ кромок по длине съемных лезвий происходит неравномерно, достигая максимума на вертикальном скосе. При изменении радиуса галтелей на кромках более чем на 0,5 мм лезвия переставляют в новое положение. Интенсивному воздействию абразивных частиц почвы подлежит и кромка ножа. Увеличение радиуса закругления кромки ножа свыше 3 мм сопровождается снижением устойчивости хода щелереза по глубине поделки щелей до ± 30 мм и ростом тягового сопротивления орудия до 40 %. В этом случае необходимо провести реставрацию долота или поменять на новое.

По результатам испытаний рабочих органов щелереза срок службы ножа, упрочненного объемной закалкой до твердости 60-65 HRC, составил от 400 до 450 га обработанной площади посевов трав при твердости почвы 4,0-4,5 МПа, против 20-40 га – при использовании типовых почвообрабатывающих орудий.

Выводы. Разработан модельный ряд надежных и технологичных рабочих органов для поделки узких и сверхузких почвенных щелей, предложены принципы их конструирования на основе использования современных экономически доступных материалов и технологии упрочнения ножей, долот, лезвий и других элементов. Конструктивно решены задачи самоочищения съемных лезвий, увеличения наработки их до 450 га при твердости почвы 4,5 МПа, уплотнения и армирования стенок почвенной щели для придания устойчивости обваливанию от набухания почвы и стекания оросительной воды.

Библиографический список

1. Башняк И. М., Башняк С. Е. Исследование технологии предполивного щелевания почвы и обоснование конструкции щелевателя // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2018. № 2-3(28). С. 62-69.
2. Борисенко И. Б., Пындак В. И., Новиков А. Е. Развитие чизельных почвообрабатывающих орудий и их теоретическое обоснование // Машинно-технологическая станция. 2012. № 3. С. 16-20.

3. Борисенко И. Б., Пындак В. И., Новиков А. Е. Модернизация и адаптация почвообрабатывающих орудий на основе чизеля // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 4. С. 8-11.

4. Гапич Д. С., Моторин В. А., Олейников Р. Н. Теоретико-экспериментальный способ прогнозирования износа долот чизеля // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 347-356.

5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Агротехническая операция культивации в сочетании с щелеванием // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 318-327.

6. К вопросу щелевания почвы / В. В. Бородычев, С. И. Воронов, Т. Г. Константинова [и др.] // Аграрная Россия. 2020. № 12. С. 35-38.

7. К вопросу о стокорегулирующей роли лесомелиоративных и агротехнических противоэрозионных мероприятий / А. Т. Барабанов, С. Д. Фомин, А. В. Кулик [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 24-35.

8. Машины и орудия для улучшения мелиоративного состояния почв и ухода за посевами. Современные разработки: монография / С. Я. Семененко, В. Г. Абезин, Н. Н. Дубенок [и др.]. Волгоград, 2016. 244 с.

9. Михайлин А. А. Глубокое рыхление мелиорируемых земель как способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4. С. 20-31.

10. Модульное почвообрабатывающее орудие / И. Б. Борисенко, Д. В. Скрипкин, М. В. Мезникова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 318-327.

11. Структура и триботехнические свойства упрочненных режущих лезвий почвообрабатывающих машин при абразивном изнашивании / М. И. Ламскова, М. И. Филимонов, В. А. Моторин [и др.] // Трение и износ. 2018. Т. 39. № 2. С. 200-206.

12. Халилов М. Б., Сулейманов С. А., Халилов Ш. М. Щелевание как эффективный агротехнологический прием в почвозащитной агротехнологии // Проблемы развития АПК региона. 2013. № 4 (16). С. 79-83.

13. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler / A. S. Ovchinnikov, A. S. Mezhevova, S. D. Fomin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12. No 24. P. 7150-7160.

14. Improving the durability of tillage tools through surface modification – a review / B. Aramide, S. Pityana, R. Sadiku [et al.] // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021. V. 116. P. 83-98.

Информация об авторах:

Дубенок Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, Москва, ул. Тимирязевская, 49). ORCID: 0000-0002-9059-9023. E-mail: ndubenok@rgau-msha.ru

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9). E-mail: ae_novikov@vniioz.ru ORCID: 0000-0002-8051-4786

Константинова Татьяна Геннадьевна, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. Им. Тимирязева, 9). E-mail: tg.konstantinova.55@mail.ru ORCID: 0000-0002-1576-9862

Филимонов Максим Игоревич, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9) E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru ORCID: 0000-0002-1805-5670

ROLLER SHREDDER FOR STUBBLE RESIDUES OF HIGH-STEMMED CROPS

I. B. Borisenko, D. V. Skripkin, M. V. Meznikova,
V. V. Timoshenko, A. J. Elbakyan

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 21.02.2022

Submitted 29.04.2022

The work was carried out within the framework of the implementation of the grant of the Volgograd region, provided under the agreement on the provision of grants from the regional budget in the form of subsidies in accordance with paragraph 4 of Article 78.1 of the Budget Code of the Russian Federation No. 8 of 10.12.2020.

Abstract

Introduction. The sunflower crop is widespread due to its high profitability and the unique nutritional value of food made from the raw material base of this crop. In the Russian Federation, sunflower production occupies a leading place in the agroindustrial complex of the country. To prevent soil depletion and to continuously obtain high and stable sunflower yields, it is necessary to strictly observe the agrotechnological rules of sunflower cultivation. However, the technologies of sunflower production are quite costly and complicated. **Object.** During active vegetation, sunflowers consume a significant amount of minerals from the soil, and the agro-technology includes operations for feeding the crop. In this case, the substances received go both to the seeds and cumulated in the leafy mass of the plant. The technical solution proposed in this article allows effective shredding of crop residues, which accumulate a large amount of valuable minerals. Reducing the size of field residues after the passage of the shredder improves the process of decomposition of field residues and contributes to the accumulation of minerals in the soil for subsequent feeding of cultivated plants. The technological process of shredding crop residues of high-stemmed crops is the object of the research. **Materials Methods.** To extract the substances accumulated in the stems of plants it is necessary to crush them and mix with the upper layers of the soil for their decomposition and saturation of the soil with minerals. In doing so, the shredded stems and crop residues mixed with the soil help reduce foci of diseases and infections. However, the sunflower stalks left «standing» in the post-harvest period not embedded or not harvested, have a negative impact on tillage machines carrying out preparatory operations for the subsequent use of these areas in the farm rotation. As a result, these stems clog the working bodies of tillage tools, violating the agrotechnical requirements of cultivation. To combat this phenomenon, the industry produces implements that provide rolling of stalks with simultaneous crushing and embedding them into the surface layers of the soil. These units are made as thick-walled cylindrical working tools with a diameter of 450 to 800 mm and placed on the outer surface of longitudinally installed knives. At the same time during the operation of these units not all stubble remains of high-stemmed crops are qualitatively crushed and embedded in the soil. It is connected with the longitudinal position of the cutting tools. **Results and conclusions.** The paper presents the construction of a roll chopper of high-stemmed sunflower stubble residues allowing high-quality shredding of "standing" stems with simultaneous shredding of stubble residues. The suggested design of the roller chopper of high-stemmed crops increases the productivity of tillage units, improves the quality of shredded residues, and allows one to achieve their compliance with agrotechnical and dimensional indicators. In this case, the energy and economic costs in the technology of cultivation of high-stem crops on the example of sunflower are reduced.

Key words: *high-stemmed crops, sunflower, shredding technology, crop residues, shredder.*

Citation. Borisenko I. B., Skripkin D. V., Meznikova M. V., Timoshenko V. V., Elbakyan A. J. Roller shredder for stubble residues of high-stemmed crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 329-339 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-41.

Author's contribution. All authors of this research study were directly involved in the development, planning and analysis of the obtained data. All authors have read and approved the received version of the article.

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

УДК 631.353.6:631.874.3

**КАТКОВЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ПОЖНИВНЫХ ОСТАТКОВ
ВЫСОКОСТЕБЕЛЬНЫХ СЕЛЬХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР****И. Б. Борисенко**, доктор технических наук, профессор**Д. В. Скрипкин**, кандидат технических наук**М. В. Мезникова**, кандидат технических наук**В. В. Тимошенко**, кандидат технических наук**А. Ж. Элбакян**, магистрант*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 21.02.2022

Дата принятия к печати 29.04.2022

Работа выполнена в рамках выполнения гранта Волгоградской области, предоставленного по соглашению о предоставлении из областного бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 8 от 10.12.2020 г.

Актуальность. Сельскохозяйственная культура подсолнечник имеет широкое распространение благодаря высокой рентабельности производства и уникальной пищевой ценности продуктов питания, изготавливаемых из сырьевой базы данной культуры. В Российской Федерации производство подсолнечника занимает лидирующее место в АПК страны. Для предотвращения истощения почвы и постоянного получения высоких и стабильных урожаев подсолнечника необходимо строго соблюдать агротехнологические правила при его возделывании. Однако технологии производства подсолнечника довольно затратны и сложны. **Объект.** При активной вегетации подсолнечник потребляет из почвы значительное количество минеральных веществ, при этом агротехнология включает в себя операции по подкормке данной культуры. При этом полученные вещества как поступают к семенам, так и аккумулируются в листостебельной массе растения. Техническое решение, предложенное в данной статье, позволяет эффективно измельчать пожнивные остатки, которые накапливают большое количество ценных минеральных веществ. Уменьшение размеров полевых остатков после прохода измельчителя улучшает процесс разложения полевых остатков и способствуют накоплению минеральных веществ в почве для последующей подкормки культурных растений. Объектом исследования является технологический процесс измельчения пожнивных остатков высокостебельных культур. **Материалы методы.** Для извлечения накопленных в стеблях растений веществ необходимо их измельчить и перемешать с верхними слоями почвы для их разложения и насыщения почвы минеральными веществами. При этом измельченные стебли и пожнивные остатки растений, перемешанные с почвой, способствуют снижению очагов болезней и инфекций. Однако стебли подсолнечника, остающиеся в послеуборочный период «стоячими», не заделанными или не убранными, оказывают негативное воздействие на почвообрабатывающие машины, проводящие подготовительные операции для последующего использования данных площадей в севообороте хозяйства. В результате эти стебли забивают рабочие органы почвообрабатывающих орудий, нарушая агротехнические требования, предъявляемые к обработке. Для борьбы с этим явлением промышленность выпускает орудия, обеспечивающие прикатывание стеблей с одновременным измельчением и заделкой их в поверхностные слои почвы. Данные агрегаты выполнены в виде толстостенных цилиндрических рабочих органов диаметром от 450 до 800 мм с размещенными на наружной поверхности продольно установленных ножей. При этом в процессе работы данных агрегатов не все пожнивные остатки высокостебельных культур качественно измельчаются и заделываются в почву. Это связано с продольным расположением режущих рабочих органов. **Результаты и выводы.** В работе представлена конструкция каткового измельчителя высокостебельных пожнивных остатков подсолнечника, позволяющая производить высококачественное измельчение «стоячих» стеблей с од-

новременным измельчением пожнивных остатков. Предложенная конструкция каткового измельчителя высокостебельных культур способствует повышению производительности почвообрабатывающих агрегатов, улучшению качественных показателей измельченных остатков, а также позволяет добиваться их соответствия агротехническим и размерным показателям. При этом снижаются энергетические и экономические затраты в технологии возделывания высокостебельных культур на примере подсолнечника.

Ключевые слова: высокостебельные культуры, подсолнечник, технологии измельчения, пожнивные остатки, катковые измельчители.

Цитирование. Борисенко И. Б., Скрипкин Д. В., М.В. Мезникова М. В., Тимошенко В. В., Элбакян А. Ж. Катковый измельчитель пожнивных остатков высокостебельных сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 329-339. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-41.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Подсолнечник как сельскохозяйственная культура имеет очень широкое распространение в области сельского хозяйства в связи с использованием его производных веществ в пищевой промышленности. Во всем мире подсолнечником занята третья часть площадей. Эта культура в сельском хозяйстве России занимает особое место и является основной для производства растительного масла и его производных.

Технология возделывания подсолнечника является затратной и сложной. Для получения постоянных и стабильных урожаев подсолнечника необходимо строго придерживаться агротехнологических требований и правил его возделывания. Эта культура очень требовательна к теплу, влаге и освещению, при этом плодородие почвы имеет немаловажное значение. Поэтому посевные площади, выделяемые для подсолнечника, должны иметь высокий уровень питательных веществ и гумуса, а также почвы, имеющие хорошее увлажнение и имеющую нейтральную ($6,6 < \text{pH} < 7,2$) кислотность. Подсолнечник в период активной вегетации требователен к минеральной подкормке, для этого необходимо вносить нужное ее количество и следить за наличием в почве легкоусваиваемых питательных веществ перед посевом. Основу минерального питания растений подсолнечника составляют фосфор, калий и азот. Фосфор и калий вносят в осенний период при основной обработке почвы, а азот вносят в весенний период во время проведения предпосевной культивации [1, 7].

Принимая во внимание свойство листостебельной массы подсолнечника аккумулировать высокое количество питательных веществ, включая калий, важно применять такие агротехнологии, которые способствуют сокращению истощения почвы с возможностью восстановления. После уборки урожая подсолнечника оставшиеся пожнивные остатки и стебли растений необходимо заделывать в почву. Это способствует быстрому разложению остатков и быстрому насыщению почвы питательными веществами, улучшая тем самым её свойства. При этом в почве складываются благоприятные условия для повышения урожая последующих культур севооборота.

Материалы методы. Пожнивные остатки подсолнечника содержат в себе следующие минеральные вещества: азот - 1,56%, фосфор - 0,76%, калий - 4,52% [4], а также другие питательные вещества (калий, сера и др.). При этом концентрация данных элементов в пожнивных остатках именно подсолнечника выше, чем в зерновых. Однако из-за замедленного их разложения при низких температурах окружающей среды все вышеперечисленные элементы не способны перейти в доступные

формы для питания последующей культуры. Например, при выращивании пропашных высокостебельных культур часто применяется ресурсосберегающая технология No-till. Отличительной особенностью технологии является отсутствие обработки пожнивных остатков, которые после уборки урожая остаются в вертикальном положении. Осенью они не разлагаются даже после обработки деструкторами. В таких условиях обходятся в небольшом объеме вносимого азота 5-10 кг на 1 т. Пожнивных остатков. А оставшуюся необходимую норму удобрений вносят весной при возобновлении вегетации растений [3].

Быстрое разложение пожнивных остатков растений снижает распространение инфекционных очагов и болезней, являясь еще одним условием своевременной заделки и разложения пожнивных остатков.

Практика хозяйств США показывает, что оставленные в поле вертикально стоящими пожнивными остатками являются хорошим средством защиты почвы от эрозии [11, 12]. Оставляемые на поверхности поля остатки высокорослых стеблей сельскохозяйственных культур способствует лучшему снегозадержанию.

Например, стерня пшеницы высотой 0,3 м снижает скорость ветра до 80% на высоте 0,15 м в сравнении с участком, где пожнивными остатками были удалены. Остающиеся в поле стебли подсолнечника в вертикальном положении способны снижать скорость ветра не хуже оставленной стерни зерновых (рисунок 1). А сниженная скорость ветра над поверхностью почвы минимизирует ветровую эрозию, поэтому пожнивными остатками зерновых культур и кукурузы препятствуют эрозии посевов подсолнечника, а остатки листостебельной массы подсолнечника в последующем благоприятно влияют на накопление влаги в почве и снижают эрозию почвы на посевах зерновых [6, 9].



Рисунок 1 – Вид оставшихся стеблей после уборки подсолнечника

Figure 1 – View of the remaining stems after sunflower harvesting

Таким образом, защита почвы от эрозии заключается в постоянном круглогодичном укрытии почвы пожнивными остатками и листостебельной массой произрастающих растений на возделываемых участках. С этой целью необходимо переходить со стандартной технологии возделывания сельскохозяйственных культур на ресурсосберегающие технологии (No-till, Strip-till или Mini-till).

Однако остающиеся «стоячими» после уборки стебли подсолнечника, в последующем при весенней обработке почвы будут оказывать негативное воздействие на агротехнологические показатели качества её обработки, накапливаться и обволакивать рабочие органы почвообрабатывающих машин и агрегатов. В сложившейся ситуации необходимо предпринимать действия по прикатыванию стоячих стеблей, их измельчению и равномерному распределению на поверхности пожнивных остатков. Для решения данной задачи промышленностью выпускаются агрегаты по сваливанию и измельчению пожнивных остатков [10]. Это катки-измельчители, состоящие из полого цилиндра диаметром от 450 до 800 мм, выполненного из стали, с закрепленными с наружной части на одинаковом расстоянии по окружности креплениями для ножей, выполненных из высокоуглеродистой стали и имеющих специальную наплавку для самозатачивания.

Результаты и обсуждения. Рассмотрим выпускаемые модели данных агрегатов.

Каток-измельчитель пожнивных остатков КИПО-6Н (рисунок 2), изготовлен из трубы $\varnothing$ 480 мм с толщиной стенки 6 мм. На наружной поверхности трубы закреплены 8 рядов ножей, установленные елочкой по окружности рабочего органа. Ножи выполнены из высоколегированной стали, способной к самозатачиванию. С целью улучшения технологических показателей рабочего процесса измельчения в торцах рабочего органа предусмотрены заглушки для наполнения его балластом (водой, песком).

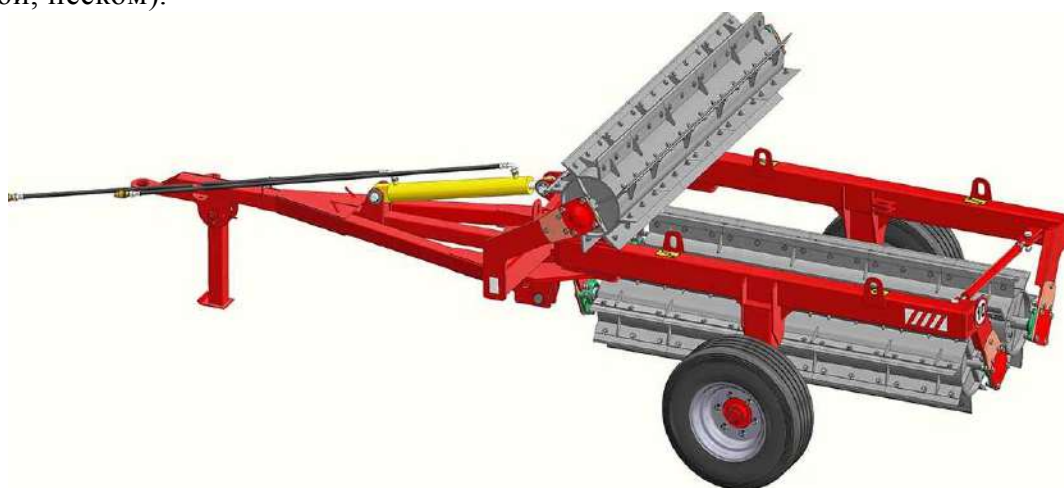


Рисунок 2 – Каток-измельчитель пожнивных остатков КИПО-6Н

Figure 2 – КИПО-6Н crop residue chopper roller

Конструкция рамы КИПО-6Н выполнена из профильной трубы 150x100x8мм конструкционной стали 09Г2С. Катки измельчителя крепятся к раме при помощи поводков, на осях которых установлены самоустанавливающиеся подшипники.

Перевод измельчителя КИПО-6Н в рабочее и транспортное положение осуществляется с помощью гидроцилиндров, соединенных с гидравлической системой трактора. В транспортном положении измельчитель опирается на два пневматических колеса марки 10.0/75-15.3. Колеса являются важной частью каткового измельчителя, обеспечивают максимальное сцепление с поверхностью почвы и обеспечивают минимальное уплотнение.

Устройство измельчителя КИПО-6Н универсально, измельчающие секции КИПО-6Н можно заменить на секции зубчатого или шпорового катков, выпускаемых предприятием ООО Завод «Автотехнологий».

Измельчитель КИПО-6Н с шириной захвата 6 м и весом 2100 кг (без воды 1740кг) агрегируется трактором МТЗ-82 (класс 1.4). У аналогичного агрегата-дискатора БД-2.7, агрегируемого с тракторами такого же класса, ширина захвата 2.7 м, тем временем ширина захвата КИПО-6 составляет 6м. Из этого следует, что при одинаковых затратах на топливо и амортизацию тягового агрегата почти вдвое увеличивается обрабатываемая поверхность поля и соответственно уменьшается время проведения технологической операции.

КИПО-6Н, осуществляя измельчение пожнивных остатков, одновременно равномерно распределяет их по поверхности поля. Измельченные остатки растений, частично перемешанные с почвой, снижают выход влаги и предотвращают нагрев верхних почвенных слоев, замедляют вегетацию сорных растений, снижают ветровую эрозию при насыщении ее питательными веществами.

Измельчитель КИПО-6Н применяют для измельчения пожнивных остатков после уборки подсолнечника, кукурузы, на стерне и соломе озимых и яровых культур.

Агрегат для измельчения пожнивных остатков высокостебельных культур ИПО-4,5 "Ураган" применяют для наклона, деформирования и измельчения листостебельной массы высокостебельных растений сельскохозяйственных культур (кукуруза, подсолнечник и др.) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Измельчитель пожнивных остатков ИПО-4,5 «Ураган»

Figure 3 – Stubble shredder IPO-4,5 «Uragan»

Измельчитель ИПО-4,5 «Ураган» состоит из цилиндрической трубы с приваренными к ней ножами, закрепленной на раме в подшипниках. Детали конструкции измельчителя выполнены цельносварными, а подвижные узлы соединены при помощи пальцевых соединений, позволяющих осуществлять быструю замену вышедших из строя узлов. Рама выполнена цельносварной с предусмотренными местами установки балластных ящиков или грузов. Конструкция механизмов опорных колес включает в себя П-образную рамку, гидроцилиндр и опорные колеса. Перевод в транспортное и рабочее положение осуществляется гидросистемой трактора.

Каток-измельчитель пожнивных остатков ИР «ДАСТЕР» заваливает и измельчает пожвные остатки, выравнивает почву для работы зерновой сеялки, экономит топливо, достаточно обработки в один след (рисунок 4).

Ножи самозатачивающиеся, изготавливаются по специальной технологии из термообработанной стали с повышенной износостойкостью марки 65Г, размер ножа: 1000*100*80 мм. Прочная рама выполнена из стали марки С245 толщина профиля 10 мм. В основе конструкции продольная балка и боковые секции - крылья. Места крепления и подвесы усилены ребрами жесткости. За счет большого веса и инерции ножи катка имеют большее давление и легко перерубают толстые стебли подсолнечника, даже в условиях повышенной влажности и на заросших сорняком полях.

Диаметр катка ИР «Дастер» 0,84 м (с учетом ножей). Это позволяет катку эффективно работать на любых неровностях, не теряя качества обработки, в том числе по окученному подсолнуху на 20-30 см.



Рисунок 4 – Каток-измельчитель пожнивных остатков ИР «ДАСТЕР»

Figure 4 – Roller-shredder of stubble residues IR «DASTER»

Каток-измельчитель пожнивных остатков серии КИД-6 включает в себя пять отдельных секций, закрепленных на раме. Каждая измельчающая секция смонтирована в подшипниковых опорах. На катках, являющихся рабочими органами, установлены ножи, выполненные из термообработанной стали 65Г (рисунок 5). Для надежной работы КИД-6 его катки можно заполнять водой или песком.

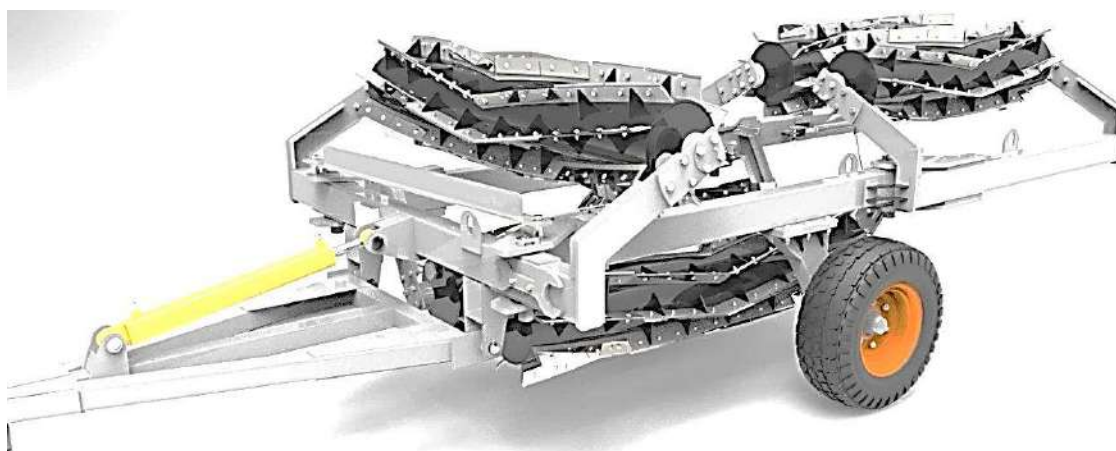


Рисунок 5 – Каток-измельчитель пожнивных остатков серии КИД-6

Figure 5 – KID-6 series crop residue shredder roller

Рама катка-измельчителя КИД-6 выполнена шарнирной. Ее конструкция обеспечивает перевод машины из транспортного в рабочее положение и обратно. Для надежной фиксации в транспортном положении рама снабжена стяжками.

Перевод катков измельчителя в рабочее и транспортное положение осуществляется гидроцилиндрами, подключенными к гидросистеме трактора через штуцеры. Штуцер имеет дроссельное отверстие Ø2.1мм, для снижения скорости перемещения.

КИД-6 агрегируется с трактором через дышло, установленное на снице каткового измельчителя. Для облегчения агрегатирования КИД-6 на снице предусмотрена опора, имеющая два фиксированных положения. В транспортном положении КИД-6 опирается на два пневматических колеса установленных конических подшипниках.

Проведя анализ конструкций известных катков-измельчителей, мы выявили ряд недостатков. К ним относятся: сниженное качество измельчения пожнивных остатков, сложность конструкции, конструктивное расположение рубящих ножей в виде елочки, вызывающее снижение ударной нагрузки на пожнивные остатки высокостебельных культур.

На основании вышеописанных проблем коллективом авторов были проведены исследования в данном направлении [2, 5, 8], в результате которых была предложена конструкция каткового измельчителя высокостебельных пожнивных остатков сельскохозяйственных культур КИПО (рисунок 6). Катковый измельчитель пожнивных остатков высокостебельных сельхозкультур выполнен в виде толстостенного катка 1, снабженного горизонтальной осью 2. На поверхности толстостенного катка 1 жестко смонтированы ножевые сегменты 3 и 4, они установлены параллельно к оси поперечного сечения на всю длину катка с шахматным размещением по его окружности. Смещаемые в шахматном порядке по радиусу полого катка 1 продольные ножевые сегменты 3 и 4 в поперечной плоскости образуют зазоры, в которые установлены закрепленные на катке поперечные ножи 5, высота которых соответствует высоте продольных ножевых сегментов 3, 4.

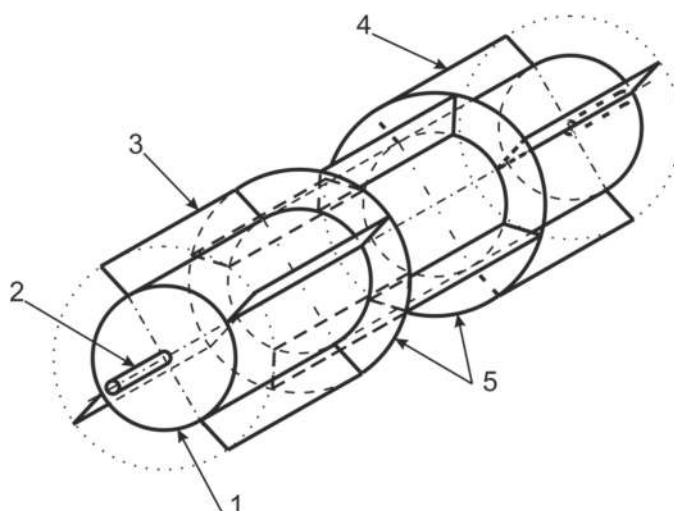


Рисунок 6 – Катковый измельчитель пожнивных остатков высокостебельных сельскохозяйственных культур КИПО

Figure 6 – KIPO roll chopper of stubble residues of high stemmed crops

Катковый измельчитель высокостебельных пожнивных и листостебельных остатков сельскохозяйственных культур КИПО работает следующим образом.

Перед началом работы агрегат с катковым измельчителем высокостебельных пожнивных остатков переводят в рабочее положение. При этом ножи 3, 4 и 5 соприкасаются с поверхностью поля. При движении по обрабатываемому участку каток 1 с помощью оси 2, закрепленной шарнирно на раме агрегата, начинает движение. Пожнивные остатки высокостебельных сельскохозяйственных культур, в частности подсолнечника, прижимаются к почве и перерубаются ножами 3 и 4. А пожнивные остатки высокостебельных культур, оказавшиеся между ножевыми сегментами 3 и 4, перерезаются поперечными ножами 5. Таким образом, разработанное конструктивное исполнение каткового измельчителя пожнивных остатков высокостебельных сельхозкультур обеспечивает повышение качественные показатели измельчения высокостебельных пожнивных остатков сельскохозяйственных культур.

Процесс перерезания пожнивных остатков высокостебельных культур происходит при скользящем движении ножа. При перекачивании каткового измельчителя пожнивных остатков по поверхности пожнивных остатков, расположенные вдоль, разрезаются ножами 3, 4, а встречающиеся остатки поперек направления движения перерезаются ножами 5 и ориентируются в последующем вдоль под воздействия ножей 3,4.

Выделим главные сопротивления, которые преодолевают ножи измельчителя пожнивных остатков при резании.

Рассмотрим режущие кромки ножей как условный клин, у которого угол заострения γ увеличен с каждой стороны на угол трения φ , считаем его одинаковым для обеих сторон (рисунок 7) ножа.

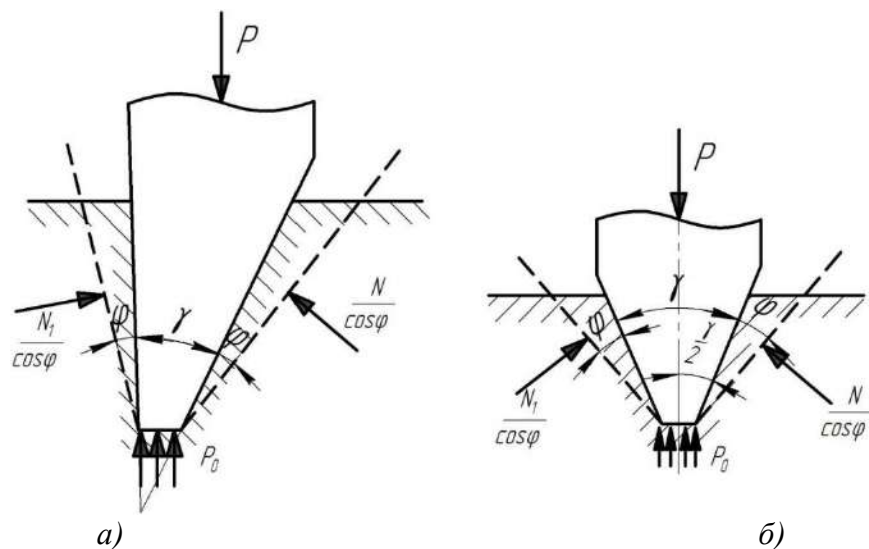


Рисунок 7 – Силы, действующие на клин при резании стеблей и пожнивных остатков
а – односторонним клином; б – симметричным клином

Figure 7 – Forces acting on the wedge when cutting stems and crop residues
a - one-sided wedge; b - symmetrical wedge

Тогда нормальные давления, приложенные к граням условного клина, будут равны $\frac{N}{\cos \varphi}$ и $\frac{N_1}{\cos \varphi}$.

Найдем $N_1 = \frac{N}{\cos \varphi} \cos(\gamma + \varphi)$.

Тогда сопротивление резанию:

$$P = P_0 + \frac{N_1}{\cos \varphi} \sin \varphi + \frac{N}{\cos \varphi} \sin(\gamma + \varphi)$$

или

$$P = P_0 + N \frac{\sin(\gamma + 2\varphi)}{\cos^2 \varphi}, \quad (1)$$

где P_0 – сопротивление лезвия проникновению в стебель, которое зависит только от толщины лезвия и направлено перпендикулярно к нему; N и N_1 – нормальные давления перерезанных и смятых волокон остатков и стеблей о щеки клина, в результате действия которых возникают на гранях клина силы трения.

Усилие резания двусторонним симметричным клином получим, рассуждая аналогично предыдущему:

$$P = P_0 + \frac{2N}{\cos \varphi} \sin \left(\frac{\gamma}{2} + \varphi \right). \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) показывают, что чем меньше толщина лезвия и меньше угол γ , тем меньше сила P и наоборот.

Полагая, что нормальное давление пропорционально сминаемому гранями клина объема материала. Тогда при резании тонких элементов стеблей и пожнивных остатков можно написать:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\operatorname{tg} \gamma_1}{\operatorname{tg} \gamma_2} \quad (3)$$

И для любого угла заточки γ_n :

$$P_n = P_0 + N_1 \frac{\operatorname{tg} \gamma_n}{\operatorname{tg} \gamma_1} \cdot \frac{\sin(\gamma_n + 2\varphi)}{\cos^2 \varphi}.$$

Уравнение (3) является расчетным. Для этого необходимо из опыта определить силу резания P для двух любых углов заточки ножа и подставить в формулу (1). Получим два уравнения, из которых можно определить силы P_0 и N_1 .

Выводы. Предложенная конструкция каткового измельчителя пожнивных остатков высокостебельных сельхозкультур КИПО существенно повысит производительность агрегатов и качественные показатели измельчения высокостебельных пожнивных остатков сельскохозяйственных культур, в частности подсолнечника, их быстрому разложению и насыщению почвы питательными веществами. При этом данный измельчитель пожнивных остатков позволит осуществлять обработку полей после уборки за один проход, оставляя за собой измельченные пожвные остатки, соответствующие предъявляемым агротехническим требованиям с одновременным снижением экономических и энергетических затрат на проведение данной технологической операции.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Шапров М. Н., Борисенко П. И. Агротехнические подходы при проектировании рабочего органа минимальной обработки почвы с полосным углублением // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 193-197.
2. Борисенко И. Б., Мезникова М. В. Обоснование конструктивных параметров орудий для выполнения полосовой обработки почвы в энергосберегающей системе земледелия // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 4 (52). С. 19-27.
3. Борисенко И. Б. Модульное почвообрабатывающее орудие // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 318-327.
4. Власенко О. А. Влияние пожнивных и корневых остатков на параметры плодородия агрочерноземов // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной научной конференции. Красноярск, 2020. С. 6-10.
5. Камбулов С. И. Повышение уровня функционирования сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин путем обоснования параметров стойки рабочего органа // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 1. С. 9-16.

6. Майнелъ Т. Strip till: Инновация в земледелии Казахстана // Поле деятельности. 2013. № 11. С. 55-57.
7. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Эффективность инновационных систем возделывания подсолнечника на южных черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 116-124.
8. Регистр технологий производства зерновых, зернобобовых, крупяных и масличных культур в Волгоградской области / А. С. Овчинников, Ю. Н. Плескачев, И. Б. Борисенко, А. Н. Цепляев. Волгоград, 2012. С. 90-91.
9. Canales E., Bergtold J., Williams J. Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas // Agricultural and Resource Economics Review. 2018. № 47 (1). P. 90-117.
10. Gałęzewski L., Jaskulska I. Strip-till technology – a method for uniformity in the emergence and plant growth of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in different environmental conditions of Northern Poland // Italian Journal of Agronomy. 2018. № 13 (3). P. 194-199.
11. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.
12. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghazal, S. Minaei, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.

Информация об авторах

Борисенко Иван Борисович, Заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), главный научный сотрудник, профессор, тел. +7 (8442) 41-12-48. E-mail: borisenivan@yandex.ru

Скрипкин Дмитрий Владимирович, научный сотрудник «НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7(8442) 41-15-10. E-mail: umka525@mail.ru

Мезникова Марина Викторовна, старший научный сотрудник «НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук тел. +7 (8442) 41-12-48.

Тимошенко Виктор Викторович, доцент кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7(8442) 41-15-10.

Элбакян Анна Жораевна, магистрант кафедры "Земледелие и агрохимия" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-42

SEED TREATMENT IN ELECTROMAGNETIC FIELD OF ULTRAHIGH FREQUENCY

S. N. Borychev¹, D. E. Kashirin¹, A. A. Simdyankin¹, N. V. Limarenko¹

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan

Received 17.02.2022

Submitted 25.05.2022

The studies were carried out as part of the state budget research.

Summary

To date, trends in presowing disinfection of seeds are aimed at finding the latest, rational and efficient technologies that will provide this process with a high degree of environmental friendliness and purity. One of the most promising methods is the treatment of seeds in an electromagnetic field of ultrahigh frequency (EMF microwave).

Abstract

Introduction. Currently, there are a number of methods for seed treatment. One of them is the use of an electromagnetic field of ultrahigh frequency (EMF microwave). It is aimed at seed disinfection, which precedes the sowing stage. This method is the most effective of the existing ones today. It contains electrical and thermal effects with the ability to control processes. But each method has drawbacks, and the method considered in the study is no exception. Its main problem is that the effect on the seeds is uneven in the microwave chamber of the installation. Thus, it is relevant to find a solution to this problem in order to improve the sowing qualities of seeds. This will increase the efficiency of the plant and take the entire technological process of seed treatment to a new level. An object. The object of research is the process of seed treatment by the method of electromagnetic field of ultrahigh frequency. **Object.** The object of research is the process of seed treatment by the method of electromagnetic field of ultrahigh frequency. **Materials and methods.** The main methods used in the study are analysis and comparison. **Results and conclusions.** To increase the efficiency of pre-sowing seed treatment by the EMF microwave method, it is necessary to use improved technologies. A competent approach to the selection of a microwave installation will help to avoid an unfavorable outcome, as well as ensure a uniform effect on the seeds.

Key words: *microwave electromagnetic field, technologies, seeds, processing, sowing.*

Citation. Borychev S.N., Kashirin D.E., Simdyankin A.A., Limarenko N.V. Seed treatment in electromagnetic field of ultrahigh frequency. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 339-347 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-42.

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

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

УДК 621.3

ОБРАБОТКА СЕМЯН В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

С. Н. Борычев, доктор технических наук, профессор

Д. Е. Каширин, доктор технических наук, доцент

А. А. Симдянкин, доктор технических наук, профессор

Н. В. Лимаренко, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет
им. П. А. Костычева

Дата поступления в редакцию 17.02.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Исследования проведены в рамках выполнения госбюджетной НИР

Актуальность. В настоящее время существует ряд методов обработки семян. Одним из них является применение электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). Данный метод направлен на обеззараживание семян, предшествующее этапу посева, и является наиболее эффективным из существующих на сегодняшний день. Он содержит в себе электро- и тепловое воздействие с возможностью регулирования процессов. Но у каждого метода есть недостатки, и способ, который рассматривается в исследовании, не исключение. Основная его проблема заключается в том, что воздействие в камере СВЧ-установки оказывается на семена неравномерно. Таким образом, актуальным является поиск решения данной проблемы с целью повышения посевных качеств семян. Это повысит КПД установки и переведет на новый уровень весь технологический процесс обработки семян. **Объект.** Объектом исследования является процесс обработки семян методом электромагнитного поля сверхвысокой частоты. **Материалы и методы.** Основными методами, использованными в исследовании, являются анализ и сравнение. **Результаты и выводы.** Для повышения эффективности предпосевной обработки семян методом ЭМП СВЧ необходимо использовать усовершенствованные технологии. Грамотный подход к подбору СВЧ установки поможет получить нужное качество обработки с обеспечением равномерности воздействия на семена.

Ключевые слова: электромагнитное поле сверхвысокой частоты, технологии обработки семян, обработка семян.

Цитирование. Бoryчев С. Н., Каширин Д. Е., Симдянкин А. А., Лимаренко Н. В. Обработка семян в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 339-347. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-42.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сегодняшний день тенденции предпосевного обеззараживания семян нацелены на поиск новейших, рациональных и эффективных технологий, которые обеспечат данному процессу высокую степень экологичности и чистоты. Одним из наиболее перспективных методов является обработка семян в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ).

Семена обладают следующими посевными качествами:

- степень всхожести;
- скорость прорастания;
- масса и т.д.

Предпосевная обработка семян проводится множеством методов, одним из которых является электрофизический способ воздействия с ЭМП СВЧ [2, 4, 12, 14].

Процесс обработки семян посредством электромагнитного воздействия сверхвысоких частот сопровождается применением различного вида СВЧ-электрооборудования. Они классифицируются по принципу работы, а также по типам конструкции.

Сама обработка семян методом ЭМП СВЧ по своей сути схожа с термической обработкой диэлектрических материалов. В соответствии с целью применения метода устройство СВЧ должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Регулировка степени СВЧ-нагрева.
2. Высокий коэффициент преобразования сверхвысокой частоты в тепловую.
3. Равномерность сверхвысокочастотной обработки.
4. Защищенность генератора.
5. Безопасность при работе вблизи источника электромагнитного поля [2, 3, 7, 10, 12].

Одной из важных задач СВЧ-обработки семян является обеспечение равномерности нагрева, а также автоматизированное поддержание оптимального режима обработки.

Соответственно, выбор метода обработки семян является весьма актуальным.

Использование метода ЭМП СВЧ с целью тепловой обработки семян дает возможность применения технологий, обладающих следующими свойствами:

- интенсивность;
- безотходность;
- энергосбережение;
- экологичность.

Активное применение СВЧ-технологий в сельском хозяйстве ограничено недостаточностью объема исследований по поводу выбора необходимого режима. В особенности это касается масличных культур.

Основной проблемой, которая возникает в камере СВЧ-устройства, является неравномерность воздействия на семена. Причиной является тот факт, что камера устройства является своеобразным объемным резонатором, в котором протекают колебания

электромагнитного поля сверхвысоких частот. Данный процесс сопровождается появлением стоячих волн. Соответственно, первоначальной задачей при воздействии на семена методом ЭМП СВЧ является поддержание минимума разности температур в объеме облучаемого материала.

Материалы и методы. Производственная эффективность в сельском хозяйстве обуславливается, среди прочего, обеспеченностью посевного материала высокого качества. Помимо этого, должна быть обеспечена сохранность продукта при его хранении и переработке.

Существует комплекс условий, при которых производителю необходимо оказывать предпосевное воздействие на семена для стимуляции их прорастания. К ним относятся:

- вредители;
- болезни растений;
- физиологический покой семян и т.д.

Стоит учесть, что другие традиционные способы и приемы стимулирования семян основаны на использовании токсичных химикатов либо на гидротермической стимуляции. Они предполагают большие вложения, трудозатраты, обладают недостаточной технологичностью и приносят большой вред окружающей среде и производственному персоналу. ЭМП СВЧ избавляет от всех этих недостатков.

Метод обеспечивает высокую урожайность в сельском хозяйстве. Электромагнитное поле воздействует на семена, концентрируя все силы на использовании их резервов [5].

Опыты некоторых исследователей показали, что предварительная обработка семян, которая предшествует посеву посредством метода ЭМП СВЧ, повышает урожайность на 8 % [6].

Данная обработка семян проходит в переменном ЭМП в устройствах с кольцевыми полюсными наконечниками. Это повышает посевные качества семян.

Преимуществом метода является отсутствие негативного воздействия как на семена, так и на производственный персонал, если сравнивать его с методами, применяющими химические вещества или радионуклиды.

Метод ЭМП СВЧ предполагает отсутствие губительных доз для семян, характеризуется технологичностью и автоматизированностью.

Важным является тот факт, что полученные в результате такого воздействия растения не обладают патогенными изменениями и мутациями.

Преимуществами метода ЭМП СВЧ являются:

1. Экологичность и безопасность как для семян, так и для человека, который потребляет конечный продукт.
2. Концентрация сил на максимальном использовании энергоресурсов семени.
3. Активизация физиологических и биохимических процессов на первоначальных этапах прорастания.
4. Результативность в виде высокой урожайности, которая возрастает на 8 % при применении метода.
5. Увеличение всхожести семян.
6. Более высокая скорость роста культур и повышенное образование корнеплодов.
7. Процесс обработки становится автоматизированным и без труда внедряется в уже созданное агрооборудование.

Результаты и обсуждение. Уже научно установлен тот факт, что степень эффективности воздействия на семена в ЭМП СВЧ находится в прямой зависимости от параметров ЭМП, а также качества самого материала.

Помимо этого, необходимо учесть также свойства семян выражать защитную реакцию. Это обусловлено величиной предельных коэффициентов, а также резонансными значениями параметров электромагнитного поля каждого конкретного объекта. Иными словами, наибольшая эффективность достигается только при необходимом уровне каждого параметра, оказывающего влияние на электромагнитное поле высокой частоты.

Преимущественно вода поглощает энергию ЭМП в процессе воздействия на материал, который был предварительно увлажнен. При обеззараживании материала ЭМП СВЧ следует изменить его диэлектрические параметры путем увлажнения при паразитарных грибковых и вирусных заболеваниях. Они сконцентрированы на внешних слоях материала.

Зерно впитывает влагу медленнее, чем вирусы, бактерии и грибы. Это происходит по причине их высокой способности поглощать влагу, в 10 раз превышающей такое же свойство зерна. По прошествии 15 мин, они набухают и по влажности достигают показателя в 85-90 %. В то же время семена практически не впитывают влагу за тот же промежуток времени.

В ЭМП СВЧ большую часть энергии поглощают именно бактерии и вирусы. Они быстро (от 10 до 30 секунд) и избирательно нагреваются, после чего погибают. Что касается материала, то он при этом нагревается незначительно. Но благодаря такому нагреву прорастание семян улучшается.

Анализ стимулирования семян посредством ЭМП СВЧ показал, что в такой биологически благоприятной среде для зародыша его активные элементы переходят в активное состояние.

Путем направления энергии за счет повторного излучения биосистема зародышей изменяется незначительно. Но если соблюдается условие соответствия части параметров конкретному биологически активному спектру, то такая энергия может стать достаточной для запуска сложных цепных реакций и интенсивного роста клеток. При этом необходимо, чтобы внешняя среда была благоприятной, а именно:

- должно быть достаточно тепла;
- должно удовлетворяться условие по необходимому уровню влаги.

Соответственно, можно сделать вывод о том, что основную роль в биологически важных процессах играет именно энергия. Ее трансформация для течения жизненно необходимых процессов проходит на двух уровнях:

1. Молекулярном.
2. Электронном.

Излучения на высоком уровне энергетического влияния на биологическую среду дают в результате повышение ее энергоресурсов. Помимо этого, известен тот факт, что патогены семян по-разному реагируют на воздействие ЭМП СВЧ.

Некоторые из них не обладают особой устойчивостью и гибнут при недлительном воздействии. Но встречаются и те, что остаются живыми даже по завершении обработки, т.к. им необходимо большее количество времени для полного уничтожения.

Таким образом, при осуществлении процесса обеззараживания материала энергией электромагнитного поля высокой частоты можно избежать применения особо вредных химикатов, таких как фунгициды и инсектициды. Это воздействие позволяет снизить химическую нагрузку на окружающую природу и благотворно влияет на весь процесс обработки семян.

Необходимо выделить связь между параметрами ЭМП СВЧ и свойствами семян, а также скоростью, финальной температурой прогрева в СВЧ-установке и биологическими характеристиками эффективности обработки семян.

Наибольшее количество видов СВЧ-установок по обработке семян предполагает использование специальной рабочей камеры, которая представляет собой объемный резонатор.

СВЧ-воздействие на семена может быть проведено при помощи разнообразных приемов и с использованием разных устройств:

- обработка части семян под излучателем;
- обработка слоя семян на ленте конвейера под излучателем;
- обработка потока семян в проходном объемном резонаторе;
- обработка объема семян в объемном резонаторе периодического действия.

Но основной проблемой, с которой сталкивается производитель при СВЧ-обработке семян в объемном резонаторе, является неравномерность воздействия.

Обработка семян посредством СВЧ происходит неравномерно по причине неоднородности материала и в зависимости от геометрических форм и размеров источника излучения. Помимо этого, скорость нагрева и его финальная температура обуславливается не только удельной мощностью сверхвысокочастотной волны, которая поглощается в единице объема семян, но и тепловыми характеристиками самого материала. Помимо этого, нагрев определяется условиями теплового обмена во всей системе обработки. Соответственно, первостепенную важность приобретает сведение температурной разницы к минимуму [16].

Вышеперечисленные аспекты наталкивают на вывод о том, что СВЧ-обработка слоя семян на конвейерной ленте превосходит по своим показателям воздействие на материал посредством замкнутой камеры.

Для решения проблемы неравномерности воздействия на семена предлагается использовать СВЧ-установку, схема которой изображена на рисунке 1. Главная особенность конструкции заключается в том, что процесс проводится на движущейся конвейерной ленте под излучателем.

Теоретическое обоснование параметров технологической схемы приведено в работах [10, 11, 13].

Температура прогрева семян (t) находится под контролем температурного датчика, который называется пирометром. Сам процесс регулирования скорости и финальной температуры прогрева (t_k), поддерживается изменением скорости перемещения транспортной ленты посредством электропривода с электронным управлением, который можно регулировать. Производительность данного механизма находится в прямой зависимости от выставленной мощности СВЧ-источника.

Стоит отметить, что даже при имеющихся преимуществах устройств, которые работают с применением ЭМП СВЧ, следует соблюдать меры безопасности на предмет максимально допустимого электромагнитного излучения.

Процесс обработки семян происходит в следующем порядке:

1. Первоначально вводятся параметры материала, подлежащего обработке.
2. Производится расчет толщины слоя семян.
3. Анализируется расстояние между ЭМ-экраном и лентой.
4. Полученные расчеты вводятся в установку.
5. Запуск электрического привода ленты и источника сверхвысокой частоты.
6. Происходит процесс обработки семян.

Соответственно, предложенная конструкция СВЧ-установки по воздействию на семена, а также порядок ее использования повышают эффективность посева в сельском хозяйстве. Также они призваны уменьшить неравномерность прогрева, т.к. гарантируют баланс источника СВЧ и слоя материала с минимальным коэффициентом отражения и возможностью управлять режимами воздействия. Реализация данной конструкции и порядок работы с ней на практике гарантированно повысит эффективность процесса обработки семян. Это обусловлено тем, что режимы воздействия будут находиться под контролем и не выходить за рамки установленной температуры и скорости нагревания семян. Помимо того, разработка обеспечивает защиту оператора от источника сверхвысокой частоты.

Данные преимущества выводят процесс обработки семян перед посевом на новый уровень, обеспечивая его надежность.

Для решения проблемы был предложен вариант СВЧ-установки и порядок, работы с ней, который способен гарантировать соблюдение режимов обработки семян, скорость нагрева, а также равномерность воздействия на семена.

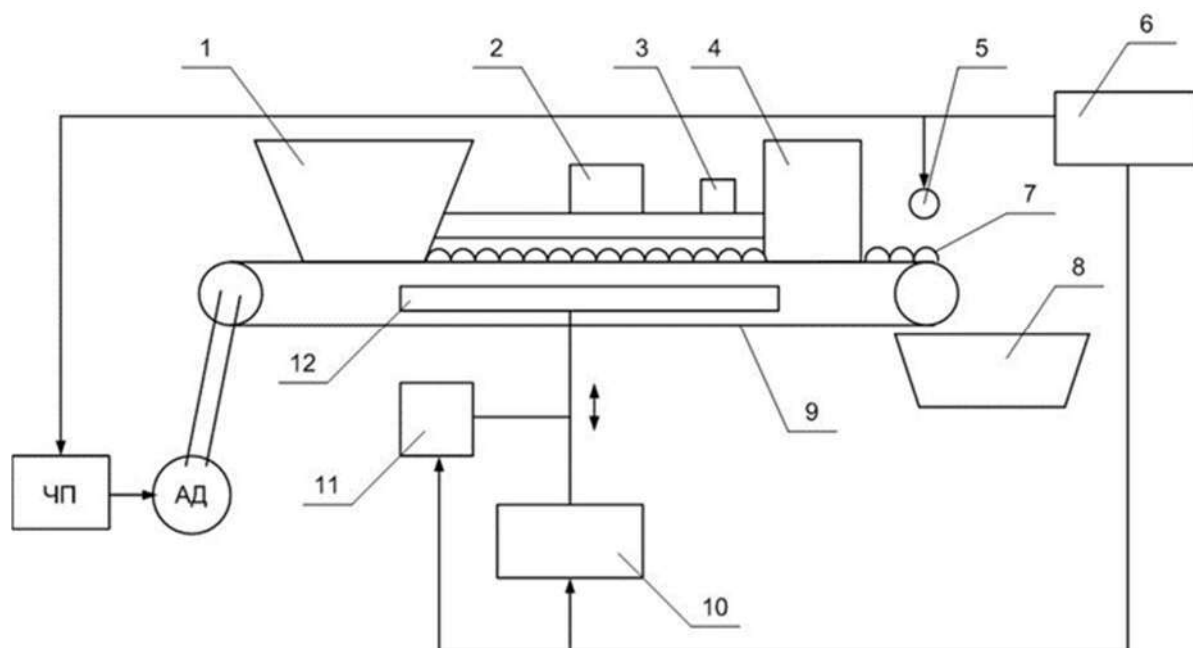


Рисунок 1 – Технологическая схема СВЧ-установки для обработки семян

- 1 – загрузочный бункер; 2 – СВЧ - генератор; 3 – датчик коэффициента отражения;
4 – разгрузочное устройство; 5 – датчик температуры; 6 – блок управления;
7 – обрабатываемые семена; 8 – приемный бункер; 9 – конвейерная лента; 10 – привод экрана;
11 – датчик положения экрана; 12 – подвижный экран;
ЧП – частотный преобразователь; АД – асинхронный электродвигатель

Figure 1 – Technological scheme of the microwave plant for seed treatment

- 1 - loading hopper; 2 - microwave - generator; 3 – reflection coefficient sensor;
4 - unloading device; 5 – temperature sensor; 6 - control unit;
7 - processed seeds; 8 – receiving hopper screen drive; 9 - conveyor belt; 10 – screen drive; 11 – screen position sensor; 12 - movable screen;
CHP - frequency converter; AD - asynchronous electric motor

Выводы. Одним из методов предпосевной обработки семян в настоящее время является облучение СВЧ-полем. Он имеет ряд преимуществ, например отсутствие воздействия вредных химических веществ, возможность регулирования параметров воздействия на семенной материал, малые энергетические затраты на облучение по сравнению с нагревом. Применение СВЧ-поля позволяет снизить патогенную микрофлору до допустимых пределов. По сравнению с другими способами обработки семян перед посевом этот способ как минимум экологически безопасен.

Для решения проблемы был предложен вариант СВЧ-установки, способный гарантировать строгое соблюдение режимов обработки семян, скорости нагрева, а также равномерность воздействия на семена. Обеззараживание происходит за 10-30 секунд. Предварительная обработка семян посредством ЭМП СВЧ повышает урожайность на 8 % при удельной мощности обработки семян 800 Вт/дм³.

Библиографический список

1. Аксенов М. П., Сухов А. П. Анализ установок для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2017. С. 224-234.
2. Васильев А. Н., Будников Д. Н., Васильев А. А. Компьютерная модель теплообмена в зерновом слое при СВЧ - конвективном воздействии // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3 (46). С. 47.
3. Васильев А. А. Анализ исследований процессов нагрева и теплообмена в блоках питания магнетронной СВЧ установок сельскохозяйственного назначения // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 3 (28). С. 26-32.
4. Вендин С. В. Экспериментальные исследования процессов СВЧ обработки семян: монография. Москва-Белгород: ООО «ЦКБ «БИБКОМ», 2017. 116 с.
5. Малахов А. Н. Алгоритм управления процессом СВЧ-обработки семян // Электроцех. 2021. № 8.
6. Малахов А. Н., Вендин С. В. Конструкция устройства и способ управления СВЧ обработкой семян на конвейерной ленте // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 1 (29). С. 51-56.
7. Моделирование и результаты предпосевной СВЧ и конвективно-тепловой обработки семян / А. А. Васильев, А. Н. Васильев, Д. А. Будников, А. А. Шарко // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 4 (41). С. 35-43.
8. Обработка семян СВЧ энергией / А. В. Бастрон, А. А. Василенко, А. В. Заплетина, Р. А. Зубова, А. В. Исаев, М. В. Горелов // Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 16-17.
9. Применение экологически чистого способа обеззараживания посевного материала в электрическом поле высокого напряжения / М. П. Аксенов, Д. Д. Нехорошев, К. В. Костычев, А. Н. Чернявский // Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: наука - производству: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2019. Том 2. С. 476-481.
10. Разработка и обоснование параметров установки с движущимися источниками сверхвысокочастотной энергии для термообработки сырья / А. А. Белов, Г. В. Жданкин, Г. В. Новикова, М. В. Белова // Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 44-54.
11. Lee E. A., Seshia S. A. Introduction to Embedded Systems // A Cyber-Physical Systems Approach. Second Edition, MIT Press, 2017. 585 p.
12. Nelson S. Dielectric Properties of Agricultural Materials and Their Applications. Academic Press, 2015. 229 p.
13. Results of experimental studies on using MWF electromagnetic field energy for pre-sowing treatment of grain crops / S. V. Vendin, Y. V. Saenko, O. V. Kitaeva, S. V. Solovov, K. V. Kazakov, Y. N. Ulyantsev // International Journal of Advanced Science and Technology. 2020. Vol. 29. No. 3. P. 3747-3763.
14. Simdiankin A. A., Slyusarev M. N. Study of the influence of the parameters of ultrasonic treatment of motor oil on the wear of friction pairs during the burn-in period // Journal of Friction and Wear. 2019. V. 40. № 4. P. 289-292.
15. The effect of ultrasonic treatment of a lubricating oil on the operation of a tribological assembly and the assessment of the residual effects in the oil / A. A. Simdiankin, I. A. Uspensky, N. V. Byshov, M. N. Slyusarev // Journal of Friction and Wear. 2019. V. 40. № 5. P. 461-467.
16. Vasant P., Voropai N. Sustaining Power Resources through Energy Optimization and Engineering // IGI Global. 2016.

Информация об авторах

Борычев Сергей Николаевич, первый проректор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор.
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9726-3584>. E-mail: 89066486088@mail.ru

Каширин Дмитрий Евгеньевич, заведующий кафедрой Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5487-6863>. E-mail: kadm76@mail.ru

Симдянкин Аркадий Анатольевич, профессор кафедры Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6710-490X>. E-mail: seun2006@mail.ru

Лимаренко Н.В., заведующий кафедрой Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), кандидат технических наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9925-5166>. E-mail: eeia.rgatu@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-43

THE METHOD FOR BIOLOGICAL SOIL CLEANING CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

V. S. Bocharnikov, M. A. Zaichkina, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 23.03.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

Investigated cleaning of ground from heavy metals - phytorecultivation, embedded in the seeding and cultivation of mustard, when decomposing which, in the pomegranate introduced various concentrations of ethylenediaminetetraacetic acid.

Abstract

Introduction. Currently, there is an acute problem with the proper cleaning of soil and input resources from heavy metals. Based on the current situation, it can be seen that soil contamination can affect agricultural enterprises. The ecological danger lies in the fact that the soil, over time, with constant human influence, changes its fertile properties. Most often, these changes are negative, as a result of which the soil loses its productivity. The aim of this study, at this stage, is to develop new technologies or improve existing cleaning methods that will reduce capital costs and develop more efficient methods for cleaning soil from heavy metals. **Object.** The object of study was the chernozem-like (dark-colored) sandy loamy soil of Kuporosnaya Balka and the light chestnut solonchik loamy soil of the Training, Research and Production Center «Gornaya Polyana» of the Volgograd Region. **Materials and methods.** The article presents a scheme of experimental and experimental studies, a method of phytoremediation using ethylenediaminetetraacetic acid for better cleaning of the soil from heavy metals. After the experiments, the expected result is to investigate the effectiveness of the use of ethylenediaminetetraacetic acid for high-quality soil cleansing from heavy metals, to meet sanitary standards when planting crops. **Results and conclusions.** As a result of the study, a complete picture of the state of the soil in the study area was described (the nature of toxic substances in the soil, their concentration, etc.). Based on the analysis of the data obtained, the experimental scheme was adjusted in order to improve the indicators of soil cleaning from heavy metals.

Keywords: *ethylenediaminetetraacetic acid, heavy metals, amber acid, perforation energy, seeds, contamination of the surrounding medium.*

Citation. Bocharnikov V.S., Zaichkina M.A., Denisova M.A., Bocharnikova O.V. Method for biological soil cleaning contaminated with heavy metals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 347-353 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-43.

Author's contribution. All authors of the current research took an inconsistent part in the planning, analysis and implementation of this research. All the authors of the actual article were marked and approved the presented final option.

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

УДК 631.452:635.132

**СПОСОБ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ,
ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ****В. С. Бочарников**, доктор технических наук, профессор**М. А. Заичкина**, преподаватель**М. А. Денисова**, кандидат технических наук, доцент**О. В. Бочарникова**, доктор технических наук, профессор*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 23.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Аннотация. Рассмотрена очистка почвы от тяжелых металлов – фиторекультивацией, заключающейся в посеве и выращивании горчицы, при орошении которой, в почву вносятся различные концентрации этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА).

Актуальность. В настоящее время стоит острая проблема надлежащей очистки почвы и вводимых ресурсов от тяжелых металлов. Исходя из сложившейся ситуации можем заметить, что засорение почв может повлиять на сельскохозяйственные предприятия. Экологическая опасность состоит в том, что почва с течением времени при постоянном воздействии человека меняет свои плодородные свойства. Чаще всего эти изменения носят негативный характер, в результате чего почва теряет свою продуктивность. Целью настоящего исследования на данном этапе является разработка новых технологий или совершенствование существующих способов очистки, которые позволят снизить капитальные затраты и развить более эффективные методики для очистки почвы от тяжелых металлов. **Объект.** Объектом исследования являются черноземовидная (темноцветная) супесчаная почва Купоросной балки и светло-каштановая солонцеватая суглинистая почва УНЦП «Горная поляна» Волгоградской области. **Материалы и методы.** В статье приведена схема экспериментально-опытных исследований, метод фиторекультивации с помощью этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) для более качественной очистки почвы от тяжелых металлов. После проведения опытов ожидаемый результат заключается в том, чтобы исследовать эффективность использования ЭДТА для качественного очищения почвы от тяжелых металлов до соответствия санитарным нормам при посадке сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** В результате исследования описана полная картина состояния почвы на исследуемом участке (характер токсичных веществ в почве, их концентрация и т.д.). На основе анализа полученных данных была проведена корректировка схемы опыта с целью улучшения показателей очистки почвы от тяжелых металлов.

Ключевые слова: этилендиаминтетрауксусная кислота, тяжелые металлы, янтарная кислота, энергия прорастания семян, всхожесть семян, загрязнение окружающей среды.

Цитирование. Бочарников В. С., Заичкина М. А., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Способ биологической очистки почвы, загрязненной тяжелыми металлами. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 347-353. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-43.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Почва – это богатство человечества, основа сельскохозяйственного производства. Однако с течением времени при постоянном воздействии человека плодородные свойства почвы ухудшаются, в результате чего почва теряет свою продуктивность [3]. В современном мире главную опасность для пахотных земель представляет загрязнение тяжелыми металлами.

Тяжелые металлы – это элементы, которые могут попасть в почву в любом агрегатном состоянии [12]. Их опасность сравнима с влиянием отходов от атомных подстанций. При этом загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами связано с повсеместным использованием несовершенных систем и методов фильтрации, выбрасываемых в окружающую среду отходов, а также несвоевременностью проводимых работ по очистке [5].

Почва, загрязненная тяжелыми металлами, служит источником вторичного загрязнения подземных вод и воздуха [4]. Из почвы тяжелые металлы усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу, что может послужить причиной отравления и даже летального исхода человека и млекопитающих [11].

При анализе исследований, проводимых на территории Волгограда и Волгоградской области, были систематизированы данные по содержанию тяжелых металлов в почве, которые представлены в таблицах 1 и 2. Для понимания общей картины в таблице также представлены предельно допустимые концентрации (ПДК) [2].

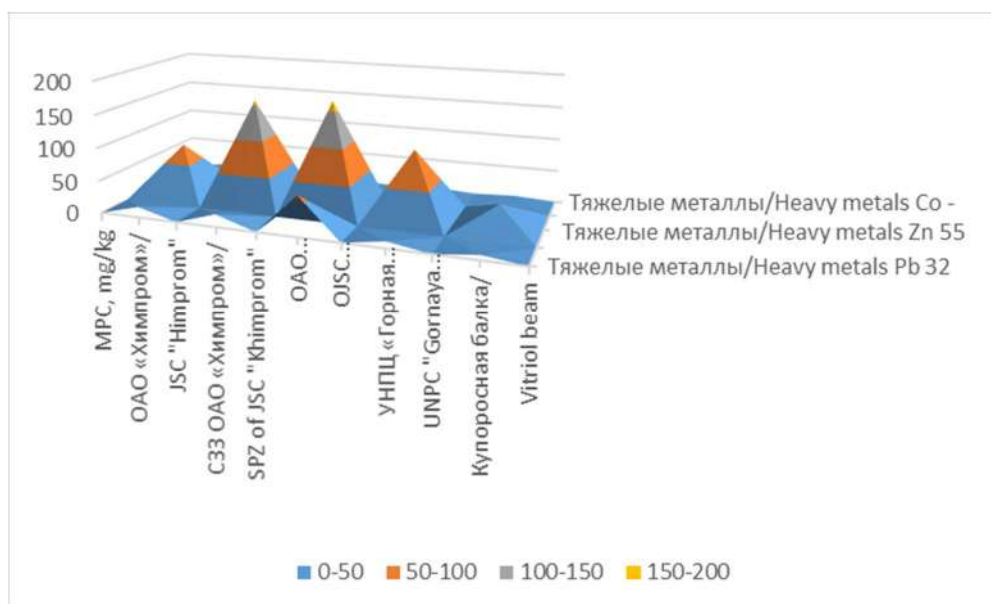


Рисунок 1 – Валовое содержание тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Figure 1 – Gross content of heavy metals in soils, mg/kg

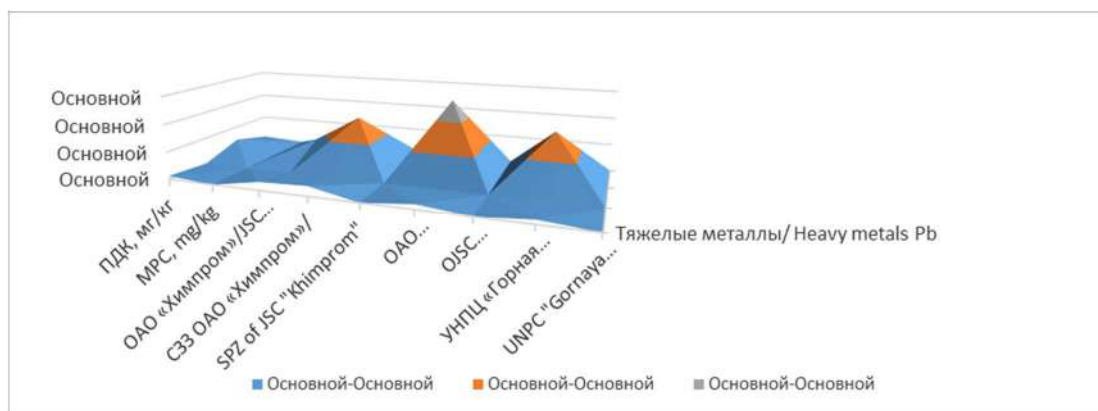


Рисунок 2 – Содержание тяжелых металлов в подвижной форме в почвах исследуемых объектов, мг/кг

Figure 2 – Content of heavy metals in mobile form in the soils of the studied objects, mg/kg

В качестве метода очистки в данном исследовании применена фиторекультивация почвы с добавлением этилендиаминтетрауксусной кислоты, которая представляет собой белое твердое вещество, хорошо растворимое в воде. Ниже представлено описание данного химического вещества [9].

Химическая формула: $C_{10}H_{12}N_2Na_4O_8 \cdot 2H_2O$ [8]. Физико-химические свойства. Внешний вид: белое кристаллическое твердое вещество. Относительная плотность: 0,7 г/см³. Молярная масса: 380,170 г моль /л. Точка плавления: 240 °С. Растворимость: растворим в воде 100-110 г /100 мл при 20 °С. РН: 11-12 (10 % раствор).

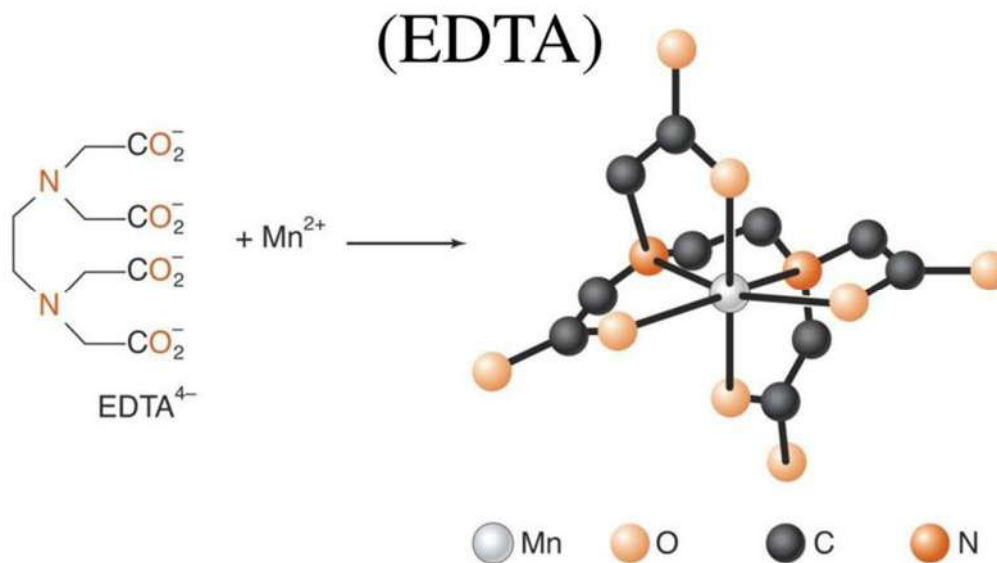


Рисунок 3 – Модель комплекса, образованного ЭДТА с ионом Cu^{2+}

Figure 3 – Model of the complex, EDTA with Cu^{2+} ion

Фиторекультивация, заключающаяся в посеве и выращивании горчицы, при орошении которой в почву вносятся различные концентрации ЭДТА [1]. Технология состоит в следующем. Производится высадка семян горчицы на загрязненном участке (почва заражена тяжёлыми металлами цинком, медью, свинцом, ртутью), затем осуществляется орошение почвы с добавлением ЭДТА по однофакторной схеме в пяти повторностях. На первой делянке внос в почву ЭДТА не производился. На всех остальных участках ЭДТА вносится соответственно: 2,5; 5; 7,5; 10,0 кг·га⁻¹.

После созревания горчицы производился ее сбор и доставка в специально оборудованные места для последующей переработки.

Для проведения эксперимента на выбранных участках после проведения опыта были взяты пробы почв черноземовидной (темноцветной) супесчаной почвы Купоросной балки и светло-каштановой солонцеватой суглинистой почвы УНПЦ «Горная поляна» [7] на удалении 30 км от второй Продольной магистрали.

До начала проведения эксперимента почву подкисляли внесением компоста и производили полив растений с применением ЭДТА [6]. Затем, в фазу зацветания, растения горчицы утилизируют.

Таким образом, при подборе реагента для деметаллизации почв мы руководствовались следующими критериями:

- 1) реагент должен быть выборочным по отношению к извлекаемым токсичным металлам;
- 2) реагент должен плохо сорбироваться почвой;

3) реагент должен быть нетоксичным и безопасным для окружающей среды, а также иметь низкую стоимость.

На основе критериев в наибольшей степени удовлетворяет ЭДТА.



Рисунок 4 – Посев горчицы на загрязненной почве для извлечения тяжелых металлов методом фиторекультивации

Figure 4 – Sowing mustard on polluted soil for the extraction of heavy metals by phytorecultivation

При выборе растения для поглощения неорганических токсичных веществ (в т. ч. тяжелых металлов) мы исходили из фиторемедиационных особенностей и почвенно-климатических характеристик участка почвы, подлежащего восстановлению.

При выращивании горчицы с добавлением ЭДТА было рассмотрено влияние данного вещества на корневую систему растения и его надземные органы.

По завершении фазы роста и процессов транспортировки токсических веществ в надземные органы растений они удаляются и подлежат соответствующей переработке. По данным исследований было выявлено, что очистка почв с использованием данной технологии оказалась наиболее эффективной.

В целом фиторекультивация как метод очистки почв ввиду своей малой изученности и невысокой степени внедрения в практику занимает не самое высокое место в рейтинге популярных технологий детоксикации загрязненных почв. Но в дальнейшем, при тщательном изучении и усовершенствовании технологии фиторекультивации, как наиболее рентабельной и экологически чистой, она непременно будет превалировать над физико-химическими методами.

Результаты и обсуждение. Установлено, что метод фиторекультивации является экологически безопасным и экономически целесообразным. Анализ почв после проведенных исследований показал положительную динамику в отношении тяжелых металлов, находящихся в почве. Таким образом, заявленный способ биологической очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами, обеспечивает повышение эффективности очистки почвы от тяжелых металлов.

Хотелось бы отметить, что наиболее высокие показатели эффективности очистки почвы от тяжелых металлов (в частности цинка, свинца, никеля, меди) достигаются при дозировке ЭДТА в виде водного раствора 7,5 кг на гектар почвы, дальнейшее увеличение дозировки не вызывает улучшения показателей качества очистки почвы, в частности по содержанию цинка. Данные приведены на рисунке 5.

Содержание тяжелых металлов в почве, при разных дозировках ЭДТА
в водном растворе.
Heavy metal content in the soil at different dosages of EDTA in aqueous
solution.



Рисунок 5 – Содержание тяжелых металлов в почве, при разных дозировках ЭДТА
в водном растворе

Figure 5 – The content of heavy metals in the soil at different dosages of EDTA in an aqueous solution

Выводы. На данном этапе исследования получили некоторую картину состояния почв на исследуемом участке (характер токсичных веществ в почве, их концентрацию и т.п.). Скорректировали изначальную схему опыта, произвели очистку почвы от тяжелых металлов при помощи высадки семян горчицы и внесении ЭДТА в виде водного раствора при орошении, что привело к сокращению содержания тяжелых металлов (Zn, Cu, Pd, Hg) не менее чем на 10 % от их исходных значений. Наиболее высокие показатели эффективности очистки почвы от тяжелых металлов (в частности цинка, свинца, никеля, меди) достигаются при дозировке ЭДТА в виде водного раствора 7,5 кг на гектар почвы. Нормативные данные по содержанию тяжелых металлов в почве приведены в соответствии с ГОСТ №02-233 10.12.90.

Библиографический список

1. Исследование поглотительных свойств природных мелиорантов на техногенно нарушенных землях / Е. Г. Мещерякова, В.С.Бочарников, М.П. Мещеряков, О.В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 239-248.
2. Околелова А. А., Егорова Г. С., Касьянова А. С. Тяжелые металлы в почвах Волгоградской агломерации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1 (29). С. 45-49.
3. Соотношение форм нахождения некоторых тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский / В. Н. Заикина, А.А. Околелова, М. П. Корчагина, Л. И. Матус // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42. № 1. С. 99-107.
4. Сравнительная экономическая оценка различных природных сорбентов для очистки сточных вод / А. С. Овчинников, В.С. Бочарников, М.А. Денисова, О.В. Бочарникова, О.В. Козинская // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 65-72.
5. Bocharnikova O. V., Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Technology of preparation of natural waters for irrigation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects"" 2020. P. 012033.
6. Efficient removal of Cu-EDTA complexes from wastewater by combined electrooxidation and electrocoagulation process: Performance and mechanism study / P. Song [et al.] // Chemosphere. 2022. V. 287. 131971.

7. Lead Desorption and Its Potential Bioavailability in Soil Used for Disposing Lead-Contaminated Pomelo Peel: Effects of Contact Time and Soil pH / N. Tongtavee [et al.] // Water, Air, and Soil Pollution. 2021. V. 232 (9). P. 384.
8. Nitric oxide removal from flue gas by combined persulfate and ferrous-EDTA solutions: Effects of persulfate and EDTA concentrations, temperature, pH and SO₂ / Y. G. Adewuyi [et al.] // Chemical Engineering Journal. 2016. V. 304. P. 793-807.
9. Performance and Microbial Community Analysis of an Electrobiofilm Reactor Enhanced by Ferrous-EDTA / N. Li [et al.] // ACS Omega. 2021. V. 6 (28). P. 17766-17775.
10. Plant growth regulators and EDTA improve phytoremediation potential and antioxidant response of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants in a Cd-spiked soil / A. U. Jan [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. 2021. V. 28 (32). P. 43417-43430.
11. Recovery of Uranium and Rare Earth Elements from Western Desert Phosphate Rocks with EDTA and Nitric Acid Solutions / A. R. Bakry [et al.] // Radiochemistry. 2012. V. 63 (3). P. 297-306.
12. Simultaneous Cu-EDTA oxidation decomplexation and Cr (VI) reduction in water by persulfate/formate system: Reaction process and mechanisms / Q. Wang [et al.] // Chemical Engineering Journal. 2022. V. 427. 131584.
13. Soil-application of zinc-EDTA increases leaf photosynthesis of immature 'Wichita' pecan trees / R. J. Heerema [et al.] // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2017. V. 142 (1). P. 27-35.
14. The effect of the exogenous application of EDTA and maleic acid on tolerance, phenolic compounds, and cadmium phytoremediation by okra (*Abelmoschus esculentus* L.) exposed to Cd stress / A. Mousavi [et al.] // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2021. V. 9 (4). 105456.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Ученый секретарь (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26) т. +7 (8442) 41-17-84 э/пн: bocharnikov_vs@mail.ru

Заичкина Марина Александровна, преподаватель кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-8452> т. 89275388499 э/пн: mushka678@mail.ru

Денисова Мария Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26) т. +7 (8442) 41-17-84 э/пн: masha2008-1988@mail.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26) т. +7 (8442) 41-17-84 э/пн: olesya.bocharnikova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-44

STUDY OF THE FLOW COEFFICIENT FOR DIFFERENT ANGLES OF WEIRS WALLS TO THE AXIS OF POLYGONAL WEIRS

Y. V. Kuznetsov¹, M. Hasan^{1,2}, A. Almatar^{1,2}

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar

²Aleppo and Euphrates University, Aleppo and Al-Hasakah, Syria

Received 14.03.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

There are many small canals and rivers in the world that need the systematic construction of hydraulic structures that ensure a sustainable work of reclamation pumping stations into irrigation systems and the passage of sediment and fish through the structures. The studies were carried out at the Kuban State Agrarian University, the city of Krasnodar (Krasnodar Territory), in the hydraulic laboratory of the Department of Hydraulics on a polygonal weir model. Laboratory experiments were carried out with nine polygonal weirs, which differed from each other in the angle of the side weir walls to the axis of the weir and the up-

stream slope. Weir models were made of plaster and covered with two layers of paint. Angles of the side weir walls to the axis of the weir were $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ and 60° . The upstream slopes of the weir were - vertical, 1:1 and 2:1. The downstream slope, was constant in all experiments - 1:2. The article presents influences of different angles of the side weir walls to the axis of the polygonal weirs and upstream slopes of the weir on the discharge coefficient of the polygonal weir. Diagrams were also drawn connecting the weir discharge coefficient and non-dimensional factors, and the region of self-similarity of the discharge coefficient with respect to non-dimensional factors and the Reynolds number was determined. It has been established that the discharge coefficient of a polygonal weir in irrigation canals increases with increasing in the Reynolds number, the angle of the side weir walls to the axis of the polygonal weirs, and the upstream slopes of the polygonal weir in certain ranges.

Abstract

Introduction. The work is an experimental study of polygonal weirs in irrigation canals, which provide flow regulation for the sustainable work of reclamation pumping stations and the passage of sediment and fish from the upstream to the downstream. **Materials and methods.** In a rectangular hydraulic flume measuring 4.5 x 0.43 x 1.0 m, physical modeling of the parameters of a polygonal weir was performed. The length of the weir front model and the height of the weir sill were obtained taking into account the linear scale: horizontal - 1:25 and vertical - 1:5. The weir's wall angles were $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ and 60° to the axis of polygonal weirs. The slope positions in the experiment for each angle were constant. The upstream slopes of the weir were vertical, 1:1 and 2:1. The downstream slope of the weir was taken constant in all experiments - 1:2. Generally methods of hydraulic research are used to determine the main characteristics of the polygonal weir. The article presents the experimental data of the weir for relative wall width weir $0,081 \leq h/\bar{L} \leq 0,566$, $0,112 \leq h/\bar{L} \leq 0,787$ and $0,134 \leq h/\bar{L} \leq 0,93$ and $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ and 60° , respectively. **Results and conclusions.** Dependencies were obtained for the case of water outflow through a polygonal weir at various angles α and upstream slopes of the weir θ . The discharge coefficient of the polygonal weir experimentally are in the range of $0.195 \leq m \leq 0.219$, $0.270 \leq m \leq 0.294$ and $0.318 \leq m \leq 0.349$ at $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ and 60° , respectively. By laboratory experiments study has been reached for the discharge coefficient of a polygonal weir in irrigation canals increases from 0.195 to 0.349 with increasing $h/\bar{L}$, h/P , h/B , α , Re and the upstream slope of the polygonal weir. The discharge coefficient reaches the self-similarity region relative to the Reynolds number at $Re \geq 5000$.

Key words: Polygonal weir, discharge coefficient, Reynolds number, rectangular flume, triangular weir-water meter.

Citation. Kuznetsov Y.V., Hasan M., Almatar A. Study of the flow coefficient for different angles of weirs walls to the axis of polygonal weirs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 353-364 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-44.

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

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

УДК 631.672.2

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА ПРИ РАЗНЫХ УГЛАХ ВОДОСЛИВНЫХ СТЕНОК К ОСИ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ВОДОСЛИВОВ

Е. В. Кузнецов¹, доктор технических наук, профессор

М. Хасан^{1,2}, аспирант

А. Алматар^{1,2}, аспирант

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар

²Алеппо и Евфратский университеты, г. Алеппо, г. Эль-Хасака, Сирия

Дата поступления в редакцию 14.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Проведено экспериментальное исследование полигональных водосливов в оросительных каналах, которые обеспечивают регулирование потока для устойчивой работы мелиоративных насосных станций и пропуска наносов и рыб из верхнего в

нижний бьеф. **Материалы и методы.** В гидравлическом лотке прямоугольной формы размером 4,5 x 0,43 x 1,0 м выполнялось физическое моделирование параметров полигонального водослива. Длина модели водосливного фронта и высота порога водослива получены с учетом линейного масштаба: горизонтальный – 1 : 25 и вертикальный – 1 : 5. Углы стенки устраивались $\alpha = 30^\circ$, 45° и 60° к оси водослива. Заложения откосов в эксперименте для каждого угла α были постоянными. Для верхового откоса порога водослива заложение принималось – вертикальное, 1 : 1 и 2 : 1. Для низового откоса заложение было во всех опытах принято постоянное – 1 : 2. Для определения основных характеристик полигонального водослива используются общепринятые методы гидравлических исследований. В статье представлены экспериментальные данные водослива при относительной ширине стенки $0,081 \leq h/\bar{L} \leq 0,566$, $0,112 \leq h/\bar{L} \leq 0,787$ и $0,134 \leq h/\bar{L} \leq 0,938$ и $\alpha = 30^\circ$, 45° и 60° , соответственно. **Результаты и выводы.** Получены зависимости для случая истечения жидкости через полигональный водослив при различных углах α и наклона верхового откоса порога θ . Установлен экспериментальным путем коэффициент расхода полигонального водослива, который находится в диапазоне $0,195 \leq m \leq 0,219$, $0,270 \leq m \leq 0,294$ и $0,318 \leq m \leq 0,349$ при $\alpha = 30^\circ$, 45° и 60° , соответственно. На основании экспериментальных исследований доказано, что коэффициент расхода полигонального водослива в оросительных каналах увеличивается от 0,195 до 0,349 с ростом $h/\bar{L}$, h/P , h/B , α , Re и заложения верхового откоса полигонального водослива. Значение коэффициента расхода увеличивается с увеличением числа Рейнольдса, и при $Re \geq 5000$ наступает область автомодельности относительно числа Рейнольдса.

Ключевые слова: полигональные водосливы, коэффициент расхода, число Рейнольдса, водосливы, треугольные водосливы-водомеры.

Цитирование. Кузнецов Е. В., Хасан М., Алматар А. Исследование коэффициента расхода при разных углах водосливных стенок к оси полигональных водосливов. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 353-364. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-44.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время антропогенная нагрузка на количество и качество водных ресурсов растёт достаточно интенсивно. Без мероприятий для поддержания благоприятного гидрологического и гидрохимического режима невозможно их использование в водохозяйственных целях [10, 11]. Гидротехнические сооружения играют незаменимую роль в этих мероприятиях. В мире много малых водотоков – каналов и рек, которые нуждаются в системном строительстве подпорных сооружений для регулирования потока и пропуска рыбы. Для решения задач рационального водопользования на малых водотоках и каналах нужна разработка и внедрение новых сетевых сооружений, полигональных водосливов, обеспечивающих устойчивый забор воды в оросительные системы и пропуска молоди рыбы через сооружения [8-11].

Исследования проводились в гидравлической лаборатории кафедры гидравлики КубГАУ на модели водослива полигональной формы в плане (рисунок 1). Выполнялись экспериментальные исследования в гидравлическом лотке прямоугольной формы размером 4,5 x 0,43 x 1,0 м (рисунок 2).

Целью исследования было экспериментальное исследование полигональных водосливов в оросительных каналах, которые обеспечивают регулирование потока для устойчивой работы мелиоративных насосных станций и пропуска наносов и рыб из верхнего в нижний бьеф.

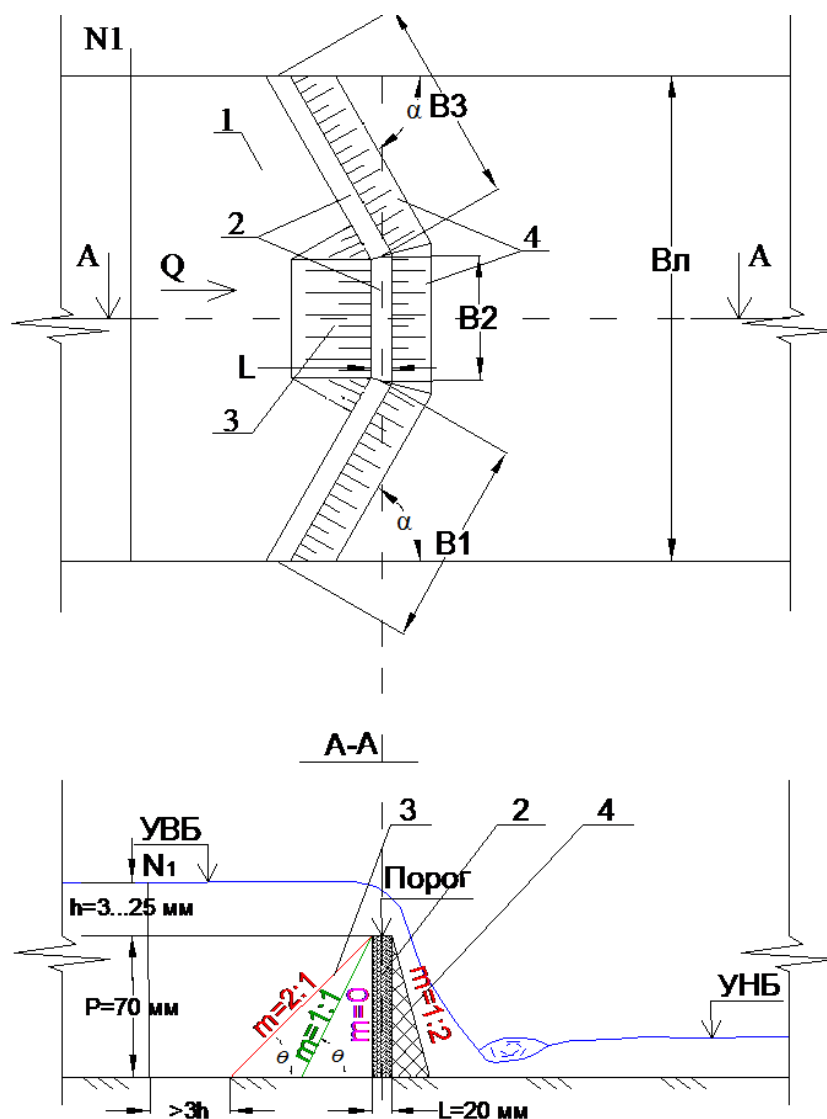


Рисунок 1 – Разрез А-А и план полигонального водослива (1 – гидравлический лоток; 2 – полигональный водослив - водоподпорное сооружение; 3 – верховой откос; 4 – низовой откос; N_1 – фиксированный створ в верхнем бьефе; h – напор над водосливом, м; P – высота порога, м; L – ширина по гребню водослива, м; B – длина водосливного фронта ($B = B_1 + B_2 + B_3$), м; B_1 – ширина лотка, м; θ – угол наклона верхового откоса порога, рад; α – угол боковых водосливных стенок к оси полигональных водосливов)

Figure 1 –Section A-A and plan of the polygonal weir (1 – hydraulic flume; 2 – polygonal weir; 3 – upstream slope; 4 – downstream slope; N_1 – fixed range in the upstream; h –height water over the weir, m ; P – weir crest height, m; L – weir crest width, m; B – weir front length ($B = B_1 + B_2 + B_3$), m; B_1 – flume width, m; θ – angle of the upstream slope of the crest, rad ; α –angle of weir walls to the axis of polygonal weirs)

Задачами исследования: разработать модели полигонального водослива и установить зависимости коэффициента расхода от h/P , $h/\bar{L}$, h/B , Re , θ и α ($\bar{L} = \frac{L \cdot (B_1/\sin \alpha + B_2 + B_3/\sin \alpha)}{B_1 + B_2 + B_3}$ – средневзвешенная ширина порога водослива, м; Re – число Рейнольдса).

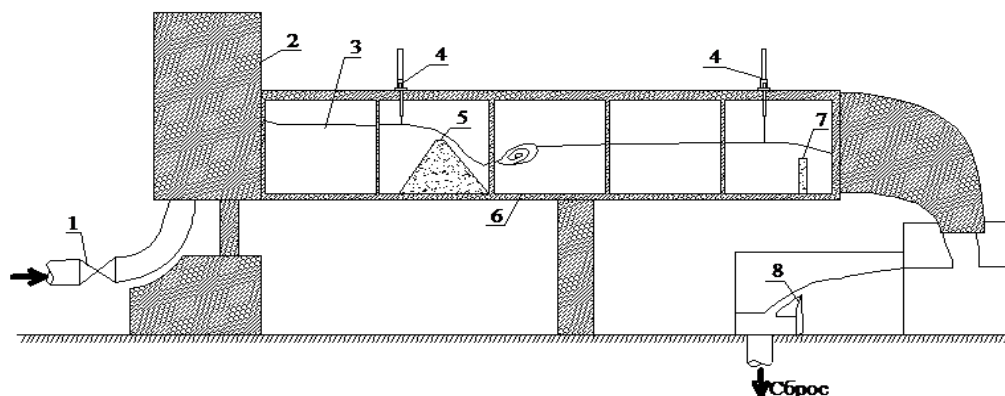


Рисунок 2 – Гидравлический лоток (1 – задвижка на напорном трубопроводе; 2– напорный бак; 3– уровень воды в лотке; 4 – шпигенмасштаб; 5– исследуемая модель; 6– зеркальный лоток; 7– треугольный водослив-водомер; 8– прямоугольный водослив)

Figure 2 – Hydraulic tray (1 – valve on the pressure pipeline; 2 – pressure tank; 3 – water level in the tray; 4 – spitzenscale; 5 – model under study; 6 – mirror tray; 7 – triangular weir-water meter; 8 – rectangular weir)

Материалы и методы. Модели водосливов были выполнены из гипса и покрыты двумя слоями эмалированной краски. Углы $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ и 60° к оси водослива. Заложения откосов в эксперименте для каждого угла α были постоянными. Для верхового откоса порога водослива заложения принимались – вертикальное, 1 : 1 и 2 : 1. Для низового откоса заложение было во всех опытах принято постоянное – 1 : 2. Ширина по гребню водослива $L=0,02$ м и высота порога $P=0,07$ м водослива получены с учетом линейного масштаба: горизонтальный – 1 : 25 и вертикальный – 1 : 5.

Расход через водослив определяется из уравнения Д. Бернулли [2, 9]:

$$Q = mB\sqrt{2gH^3}, \quad (1)$$

где m – коэффициент расхода; Q – действительный расход, $\text{м}^3/\text{с}$; B – длина водосливного фронта полигонального водослива, м; H – полный напор над водосливом, м; $H = h + \frac{v^2}{2g}$, м; v – скорость подхода, м/с; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Фактический расход измерялся треугольным водосливом-водомером, по формуле [2]:

$$Q = Kh^{\frac{5}{2}}, \quad (2)$$

где Q – фактический расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; K – константа водослива ($K = 1,30$); h – напор воды на водосливе, м.

Основным критерием динамического моделирования было число Фруда [4]. Напор на водосливе был в диапазоне $h = 3 \cdot 10^{-3} \dots 21 \cdot 10^{-3}$ м, расход находился в интервале $0,14 \cdot 10^{-3} \dots 4,33 \cdot 10^{-3}$ $\text{м}^3/\text{с}$. Модель полигонального водослива отвечает условию – $0,081 \leq h/\bar{L} \leq 0,938$. Напоры и расходы в натуре были $0,02 \dots 0,11$ м и $0,01 \dots 0,24$ $\text{м}^3/\text{с}$, соответственно. Число Фруда на натуре и модели при минимальном и максимальном расходах составляют 0,418 и 1,116, соответственно. Модели были близки по масштабу к натурным сооружениям, обеспечивалось условие теории динамического подобия:

$$Fr_m = Fr_n = idem, \quad (3)$$

где Fr_m – число Фруда в модели; Fr_n – число Фруда в натуре.

Результаты и обсуждение. Лабораторные опыты выполнялись с девятью полигональными водосливами, которые отличались друг от друга углом боковых водосливных стенок к оси водослива и заложением верхового откоса.

На рисунках 3, 4 и 5 приведены результаты опытов, при величине угла боковых водосливных стенок к оси движения потока 30° для m и в зависимости от относительной средневзвешенной ширины порога $h/\bar{L}$ ($\bar{L} = 37,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$), относительной высоты h/P и относительной длины водосливного фронта h/B ($B=0,757 \text{ м}$).

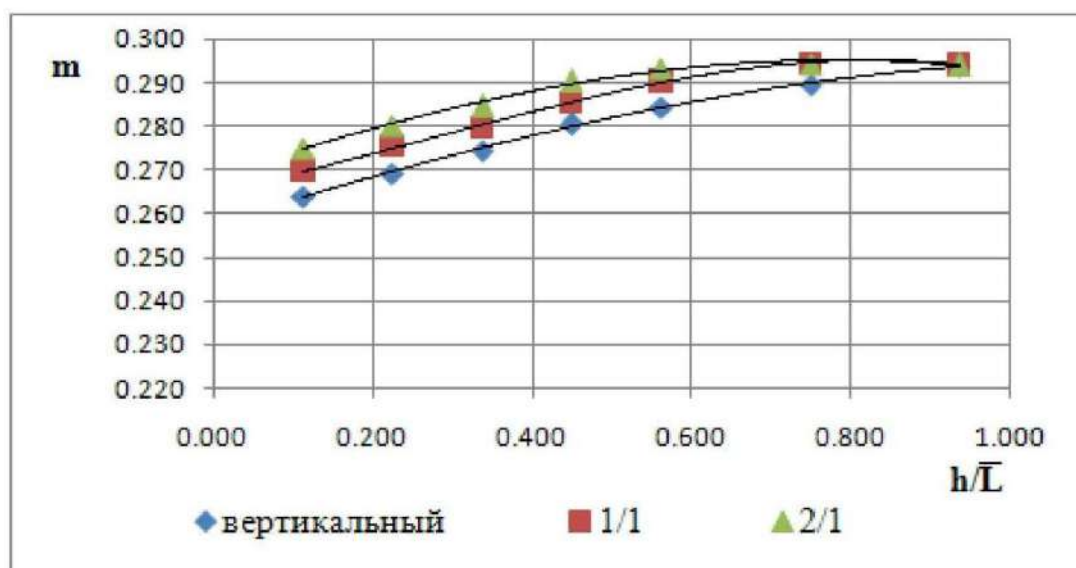


Рисунок 3 –Эмпирические зависимости $m=f(h/\bar{L})$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 30°

Figure 3 –Empirical dependencies $m=f(h/\bar{L})$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 30°

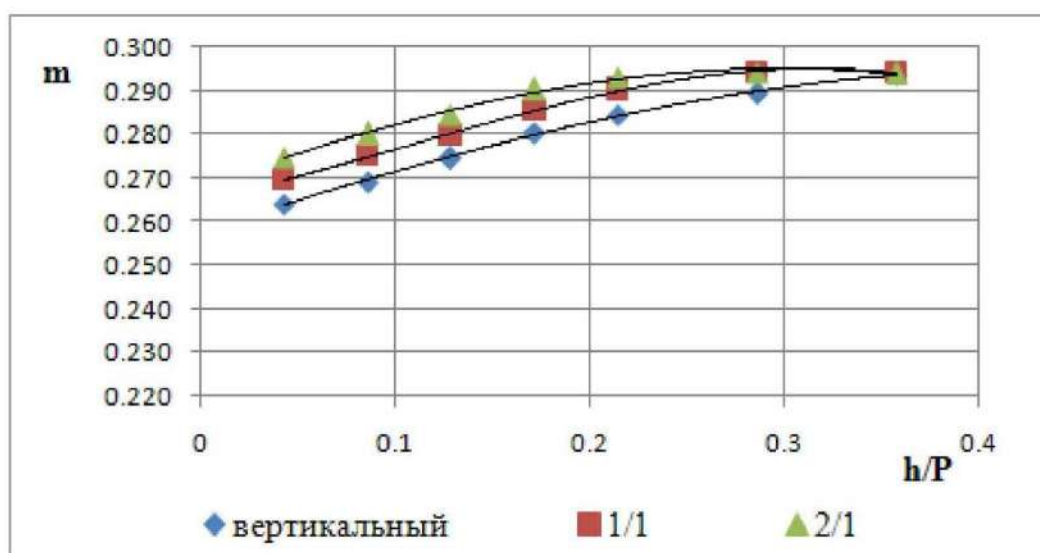


Рисунок 4 – Эмпирические зависимости $m=f(h/P)$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 30°

Figure 4 – Empirical dependencies $m=f(h/P)$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 30°

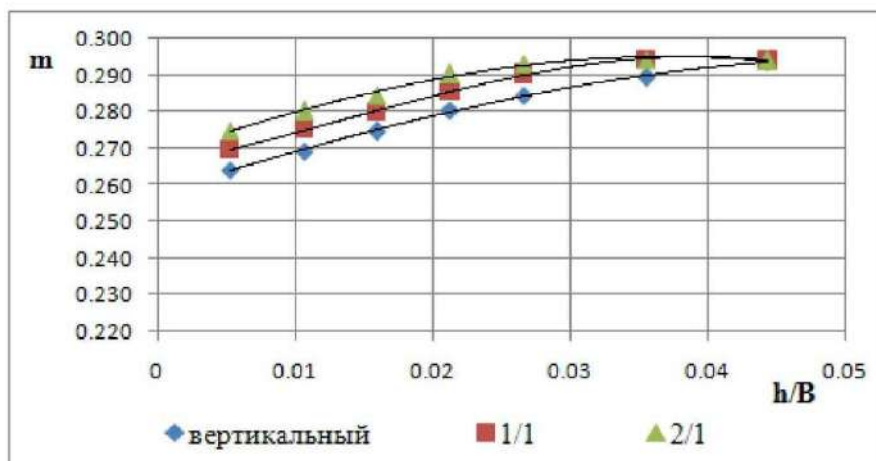


Рисунок 5 – Эмпирические зависимости $m=f(h/B)$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 30°

Figure 5 – Empirical dependencies $m=f(h/B)$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 30°

Из рисунков 3, 4 и 5 видно, что коэффициент расхода при $\alpha=30^\circ$ влияет отношение $h/\bar{L}$, h/P и h/B в диапазоне 0,081...0,566, 0,043...0,30, и 0,004...0,028, соответственно. С увеличением $h/\bar{L}$, h/P и h/B , коэффициент расхода увеличивается, приближаясь к постоянному значению при $h/\bar{L}=0,485$, $h/P=0,257$ и $h/B=0,024$, т.е. наступает область автомодельности относительно $h/\bar{L}$, h/P и h/B , соответственно.

Процентное увеличение коэффициента расхода при $\alpha=30^\circ$ по сравнению с вертикальным заложением верхового откоса водослива с 1/1 и 2/1 с 1/1, уменьшается от 2,3 3% и 2,22 % до 0 %, соответственно при $0,081 \leq h/\bar{L} \leq 0,566$, $0,043 \leq h/P \leq 0,30$ и $0,004 \leq h/B \leq 0,028$.

На рисунках 6, 7 и 8 представлены опытные значения коэффициента расхода полигонального водослива от относительной средневзвешенной ширины порога $h/\bar{L}$ ($\bar{L} = 26,7 \cdot 10^{-3}$ м), относительной высоты h/P и относительной длины водосливного фронта h/B ($B=0,563$ м), при $\alpha = 45^\circ$.

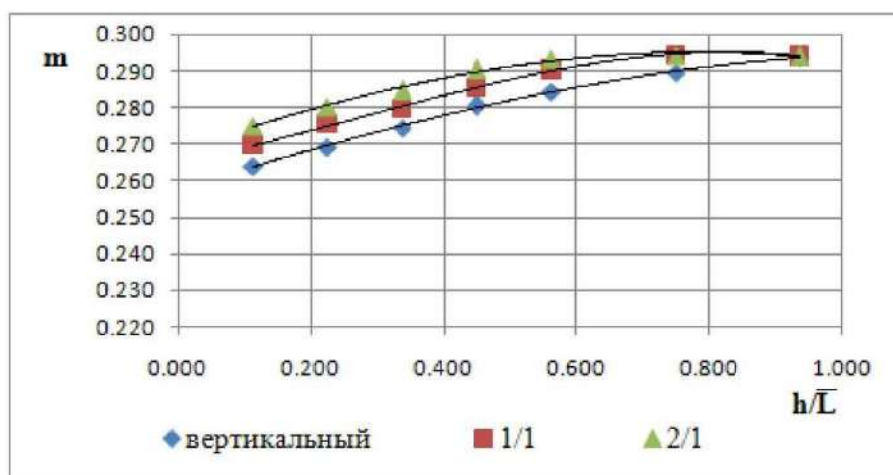


Рисунок 6 – Эмпирические зависимости $m=f(h/\bar{L})$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 45°

Figure 6 – Empirical dependencies $m=f(h/\bar{L})$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 45°

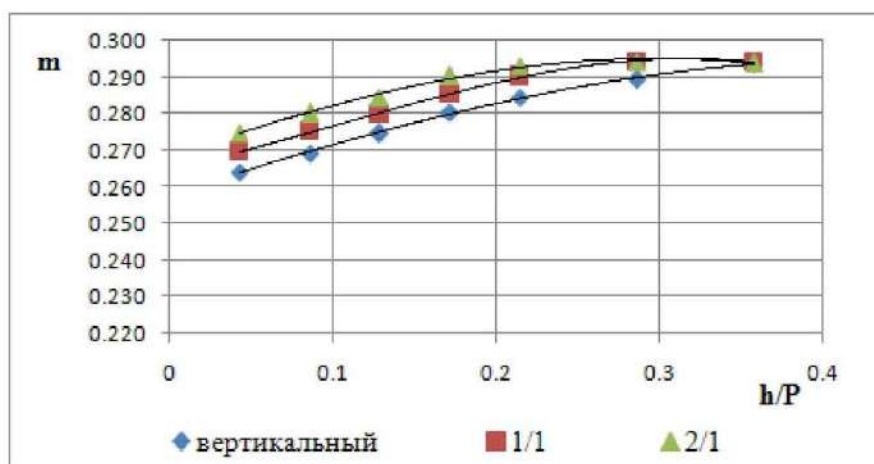


Рисунок 7 – Эмпирические зависимости $m=f(h/P)$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 45°

Figure 7 – Empirical dependencies $m=f(h/P)$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 45°

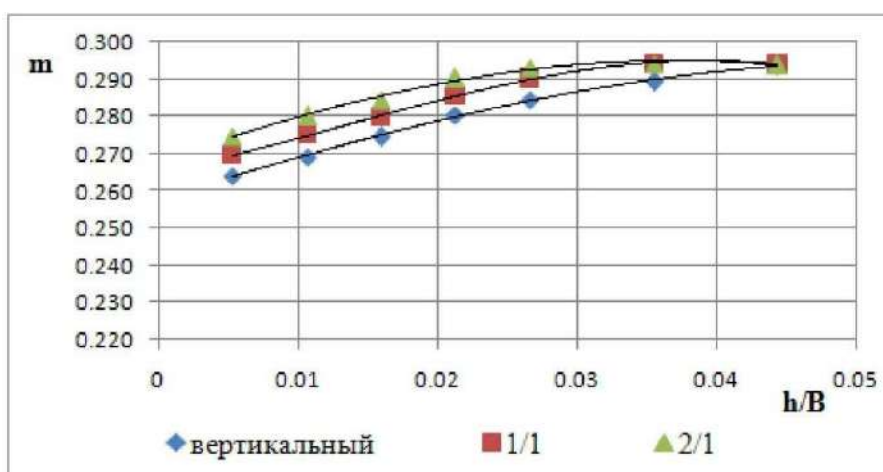


Рисунок 8 – Эмпирические зависимости $m=f(h/B)$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 45°

Figure 8 – Empirical dependencies $m=f(h/B)$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 45°

Из рисунков 6, 7 и 8 видно, что при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 45° коэффициент расхода влияет на отношение $h/\bar{L}$, h/P и h/B в диапазоне 0,112...0,787, 0,043...0,30, и 0,005...0,037, соответственно. С ростом $h/\bar{L}$, h/P и h/B коэффициент расхода увеличивается, приближаясь к постоянному значению при $h/\bar{L}=0,674$, $h/P=0,257$ и $h/B=0,032$, т.е. наступает область автомодельности относительно $h/\bar{L}$, h/P и h/B , соответственно.

При $\alpha = 45^\circ$ по сравнению с вертикальным заложением верхового откоса водослива с 1/1 и 2/1 с 1/1 – процентное увеличение коэффициента расхода уменьшается от 2,12 % и 1,88 % до 0 %, соответственно при $0,112 \leq h/\bar{L} \leq 0,787$, $0,043 \leq h/P \leq 0,30$ и $0,005 \leq h/B \leq 0,037$.

При $\alpha = 60^\circ$ приведены результаты опытов на рисунках 9, 10 и 11 для коэффициента расхода полигонального водослива от относительной средневзвешенной ширины порога $h/\bar{L}$ ($\bar{L} = 22,4 \cdot 10^{-3}$ м), относительной высоты h/P и относительной длины водосливного фронта h/B ($B=0,474$ м).

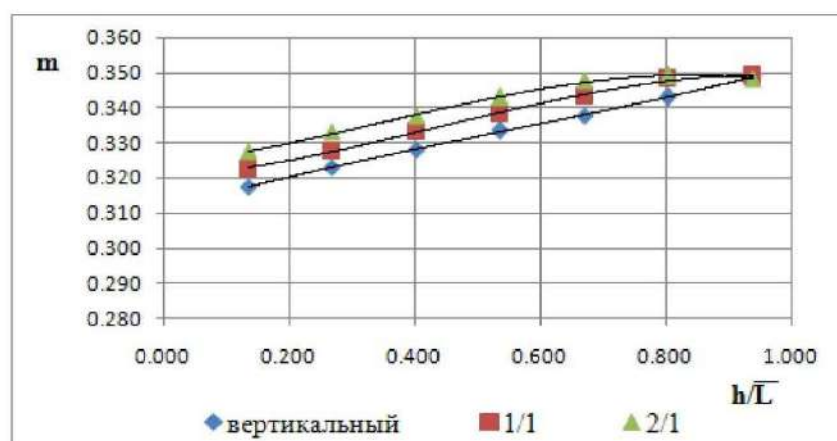


Рисунок 9 – Эмпирические зависимости $m=f(h/\bar{L})$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 60°

Figure 9 – Empirical dependencies $m=f(h/\bar{L})$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 60°

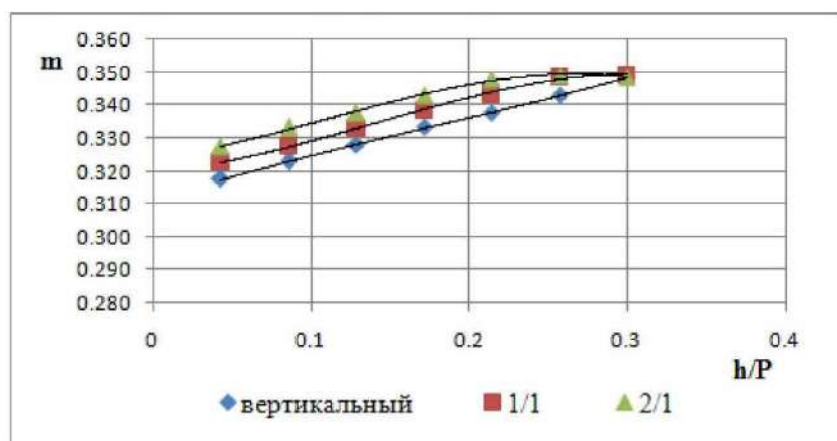


Рисунок 10 – Эмпирические зависимости $m=f(h/P)$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 60°

Figure 10 – Empirical dependencies $m=f(h/P)$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 60°

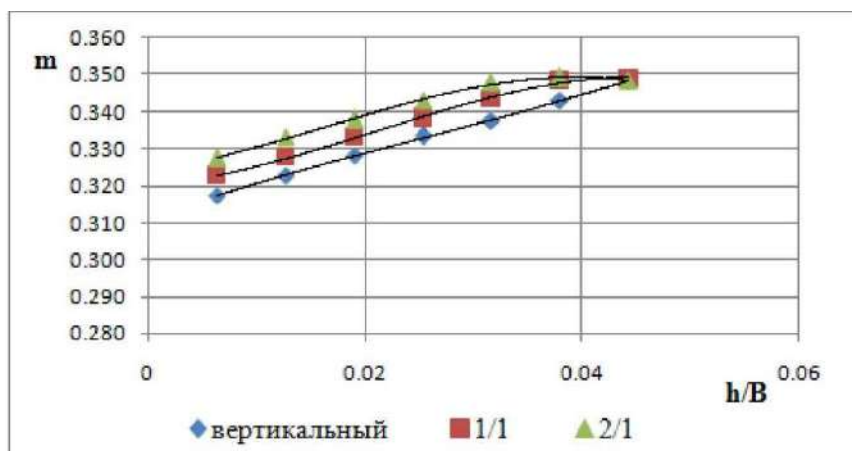


Рисунок 11 – Эмпирические зависимости $m=f(h/B)$ при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 60°

Figure 11 – Empirical dependencies $m=f(h/B)$ at an angle of side weir walls to the axis of weir 60°

Из рисунков 9, 10 и 11 видно также, что коэффициент расхода при величине угла боковых водосливных стенок к оси водослива 60° влияет отношение $h/\bar{L}$, h/P и h/B в диапазоне $0,134...0,938$, $0,043...0,30$, и $0,006...0,044$, соответственно, а также при увеличении $h/\bar{L}$, h/P и h/B коэффициент расхода увеличивается, приближаясь к постоянному значению при $h/\bar{L}=0,804$, $h/P=0,257$ и $h/B=0,038$, т.е. наступает область автомодельности относительно $h/\bar{L}$, h/P и h/B , соответственно.

По сравнению с вертикальным заложением верхового откоса водослива с $1/1$ и $2/1$ с $1/1$ при $\alpha = 60^\circ$ процент коэффициента расхода уменьшается от $1,6\%$ и $1,45\%$ до 0% , соответственно при $0,134 \leq h/\bar{L} \leq 0,938$, $0,043 \leq h/P \leq 0,30$ и $0,006 \leq h/B \leq 0,044$.

Из рисунков 3...11 видно, что коэффициент расхода увеличивается с ростом угла боковых водосливных стенок к оси водослива и процентное увеличение коэффициента расхода, по сравнению с $\alpha = 30^\circ$ с 45° и $\alpha = 45^\circ$ с 60° составляет $23,27\%$ и $15,22\%$, при $0,112 \leq h/\bar{L} \leq 0,566$ и $0,134 \leq h/\bar{L} \leq 0,787$, соответственно.

На рисунке 12 приведены опытные значения коэффициента расхода полигонального водослива от числа Рейнольдса для девяти модели полигональных водосливов.

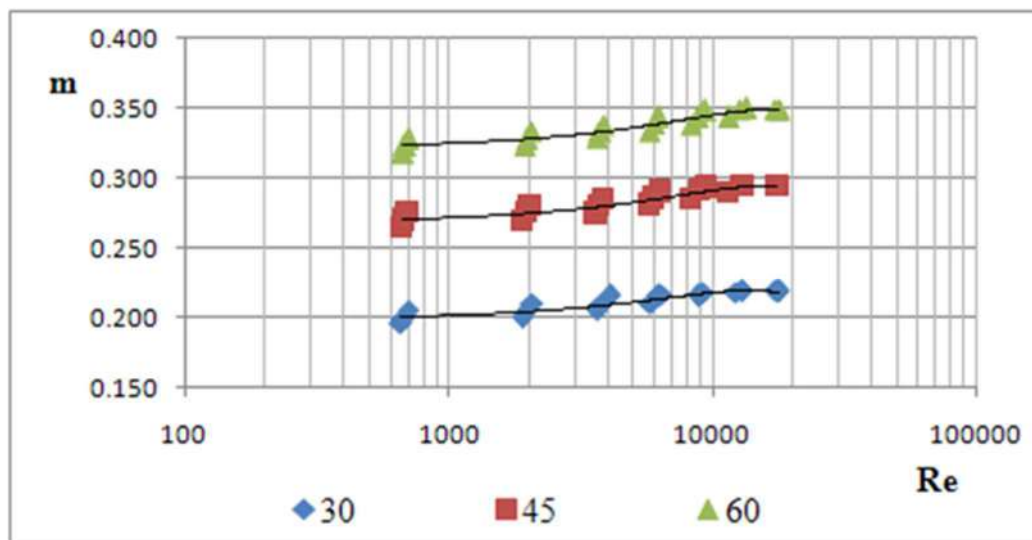


Рисунок 12 – Эмпирические зависимости $m=f(Re)$

Figure12 – Empirical dependencies $m=f(Re)$

Из рисунка 12 видно, что с увеличением числа Рейнольдса значение коэффициента расхода увеличивается, приближаясь к постоянному значению при $Re \approx 5000$, т.е. наступает область автомодельности относительно числа Рейнольдса.

Выводы. Коэффициент расхода полигонального водослива увеличивается с ростом $h/\bar{L}$, h/P и h/B в диапазоне $0,081...0,566$, $0,043...0,30$, и $0,004...0,028$, соответственно, для $\alpha = 30^\circ$. Для $h/\bar{L} \geq 0,485$, $h/P \geq 0,257$ и $h/B \geq 0,024$ наступает область автомодельности относительно $h/\bar{L}$, h/P и h/B , соответственно. С увеличением $h/\bar{L}$, h/P и h/B в диапазоне $0,112...0,787$, $0,043...0,30$, и $0,005...0,037$, соответственно, коэффициент расхода полигонального водослива увеличивается, при $\alpha = 45^\circ$, и наступает область автомодельности относительно $h/\bar{L}$, h/P и h/B при $h/\bar{L} \geq 0,674$, $h/P \geq 0,257$ и $h/B \geq 0,032$, соответственно. При $\alpha = 60^\circ$, с ростом $h/\bar{L}$, h/P и h/B в диапазоне $0,134...0,938$, $0,043...0,30$, и $0,006...0,044$, соответственно, коэффициент расхода полигонального водослива увеличивается и наступает область автомодельности относительно $h/\bar{L}$, h/P и h/B при $h/\bar{L} \geq 0,804$, $h/P \geq 0,257$ и $h/B \geq 0,038$, соответственно.

Процентное значение коэффициента расхода уменьшается, по сравнению с вертикальным заложением верхового откоса водослива с $1/1$ и $1/1$ с $2/1$, для $\alpha = 30^\circ$ от 2,33 % и 2,22 % до 0 %, соответственно при $0,081 \leq h/\bar{L} \leq 0,566$ для $\alpha = 45^\circ$ от 2,12 % и 1,88 % до 0 %, соответственно при $0,112 \leq h/\bar{L} \leq 0,787$, и для $\alpha = 60^\circ$ от 1,6 % и 1,45 % до 0 %, соответственно при $0,134 \leq h/\bar{L} \leq 0,938$.

С ростом угла боковых водосливных стенок к оси водослива коэффициент расхода полигонального водослива увеличивается при $0,081 \leq h/\bar{L} \leq 0,938$, и процентное увеличение коэффициента расхода, по сравнению с $\alpha = 30^\circ$ с 45° и $\alpha = 45^\circ$ с 60° составляет 23,27 % и 15,22 %, при $0,112 \leq h/\bar{L} \leq 0,566$ и $0,134 \leq h/\bar{L} \leq 0,787$, соответственно.

Значение коэффициента расхода увеличивается с увеличением числа Рейнольдса, и при $Re \geq 5000$ наступает область автомодельности относительно числа Рейнольдса.

Библиографический список

1. Давыдов В. Д. Повышение точности определения расходов на гидросооружениях, работающих по схеме водослива с широким порогом // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 2. С. 141–150.
2. Исследование коэффициента расхода водослива водоподпорного сооружения на каналах / Е. В. Кузнецов, М. Хасан, А. Алматар, Л. В. Моторная // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1 (81). С. 110-116.
3. Косиченко Ю. М., Михайлов Е. Д., Баев О. А. Экспериментальные исследования водослива с широким порогом резервного водосброса // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 73-81.
4. Куприянов В. П., Туманов И. В. Истечение через водослив с забральной стенкой // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 220-226.
5. Медзвеля М. Л. Коэффициент расхода жидкости в канале с боковым сужением потока // Вестник МГСУ. 2015. С. 110-114.
6. Медзвеля М. Л., Боровков В. С. Коэффициент гидравлического трения ламинарных открытых потоков в гладких руслах // Вестник МГСУ. 2015. С. 86-92.
7. Мелихов В. В. Изменение стратегии управления водными ресурсами в мелиоративной отрасли сельскохозяйственного производства в современных климатических условиях // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 3. С. 5-14.
8. Наумова Т. В., Кушер А. М., Пикалова И. Ф. Повышение эффективности эксплуатационных мероприятий по снижению захвата наносов в водозаборы оросительных систем // Вестник МГСУ. 2019. № 9. С. 1167-1179.
9. Румянцев И. С., Нань Ф. Некоторые особенности гидравлических условий работы бетонных водосбросов практического профиля с низовой ступенчатой сливной гранью // Природообустройство. 2014. С. 37-41.
10. Сарсекеева Г. С., Утепбергенова Л. М., Абдукаликова Г. М. Допустимая антропогенная нагрузка на водные ресурсы // Евразийский Союз Ученых. 2019. С. 30-34.
11. Соловьев А. А., Соловьев Д. А., Шилова Л. А., Радиус сопряжения поверхности водослива практического профиля с водоемом // Вестник МГСУ. 2018. С. 885-891.
12. Al Hashimi S., Madhlom H. Determination of discharge coefficient for broad crested weir // Paper identification number. 2018. No 151.
13. Al Hashimi S., Madhlom H., Nahi T. N. Experimental and numerical simulation of flow over broad crested weir and stepped weir using different turbulence models // Journal of Engineering and Sustainable Development. 2017. Vol. 21. No 02.
14. Experimental study of flow through trapezoidal weir controlled under a semi-circular gate / T. Bashir, A. B. Bilal, M. M. Muhammad, A. W. Surajo // FUDMA Journal of Sciences (FJS). 2021. Vol. 5. No 2. P. 145-164.

Информация об авторах:

Кузнецов Евгений Владимирович, заведующий кафедрой гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), доктор технических наук, профессор, контактный телефон 8 (928) 035 30 02, e-mail: dtn-kuz@rambler.ru.

Хасан Марва, аспирант факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), старший преподаватель, кафедра гидравлики, строительный факультет, Алеппо и Евфратский университеты (г. Алеппо и Эль-Хасака, Сирия), контактный телефон 8-988-470-98-79, e-mail: marwahasana444@gmail.com.

Алматар Анас, аспирант факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), старший преподаватель, кафедра гидравлики, строительный факультет, Алеппо и Евфратский университеты (г. Алеппо и Эр-Ракка, Сирия) контактный телефон 8-988-361-72-78, e-mail: anas.engineer1988@gmail.com.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-45

DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM AND SOFTWARE SCADA-SYSTEM FOR THE PROCESS OF CUTTING FRUIT AND VEGETABLE MATERIALS BY A SLICE SHREDDER

N. I. Lebed, D. S. Gapich, S.D. Fomin, Yu. I. Khanin, N. M. Veselova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 20.03.2022

Submitted 25.05.2022

Abstract

Introduction. The article is devoted to the digital adaptation of technology for the processing industry through the development and justification of an automated control system and telemechanics for remote monitoring and control of the technological process. **Materials and methods.** The development and modeling of the automated control system for the grinder was carried out in the simulation cloud debugging environment «Autodesk Circuits on Tinkercad», where the main elements of the control system were selected and connected to the microcontroller. The development of the program code of the project was carried out in the «FLProg» graphical programming system in the FBD language, then the code was checked, the code was converted into the C++ language and subsequent compilation in the «Arduino IDE». For the subsequent development of the SCADA system, data exchange was used using the Modbus industrial protocol using serial RS-485 communication lines through the OPC server. To debug the operation of the SCADA system, a laboratory stand was made. **Results and conclusions.** A grinder for fruit and vegetable products has been developed, the advantages of which include high productivity with minimal energy consumption. These characteristics are achieved by using the proposed cutting device - a zigzag knife wall, which reduces the factor of pinching of slices of processed raw materials between the knives. Based on the ATmega-328 microcontroller, using the C++ programming language, the control system for an automated grinder electric drive was modeled, its performance was tested in the virtual simulation cloud-debugging environment «Autodesk Circuits on Tinkercad», which proved its performance and efficiency. A system for data collection and operational dispatch control (SCADA-system) of the proposed grinder has been developed with the possibility of real-time monitoring of technological parameters and automated decision-making by the system based on situations of the technological process.

Keywords: automation, chopper, microcontrollers, cutlery, fruits and vegetables, cutting, telemechanics, SCADA systems, modeling.

Citation. Lebed N.I., Gapich D.S., Fomin S.D., Khanin Yu.I., Veselova N.M. Development and justification of an automated control system and software scada-system for the process of cutting fruit and vegetable materials by a slice shredder. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 364-372 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-45.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the formulation of the problem, planning the study, analysis, presentation of conclusions and preparation of proposals for production. The authors of this article reviewed and approved the final version of the article.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest

УДК 631.171

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕЗАНИЯ ПЛОДООВОЩНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛОМТИКОВЫМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕМ

Н. И. Лебедь, доктор технических наук

Д. С. Гапич, доктор технических наук, доцент

С. Д. Фомин, доктор технических наук, доцент

Ю. И. Ханин, кандидат технических наук

Н. М. Веселова, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Статья посвящена цифровой адаптации техники для перерабатывающей промышленности путем разработки и обоснования автоматизированной системы управления и телемеханики дистанционного мониторинга и контроля технологического процесса. **Материалы и методы.** Разработка и моделирование системы автоматизированного управления измельчителем производились в симуляционной облачно-отладочной среде Autodesk Circuits on Tinkercad, где осуществлялся подбор основных элементов системы управления и их подключение к микроконтроллеру. Разработка программного кода проекта производилась в системе графического программирования «FLProg» на языке FBD, далее производилась проверка кода, перевод кода на язык C++ и последующая компиляция в «Arduino IDE». Для последующей разработки SCADA-системы использовали обмен данными посредством промышленного протокола Modbus с помощью последовательных линий связи RS-485 через OPC-серверы. Для отладки работы SCADA-системы был изготовлен лабораторный стенд. **Результаты и выводы.** Разработан измельчитель плодовоовощной продукции, к преимуществам которого относится высокая производительность при минимальных энергозатратах. Данные характеристики достигаются применением предлагаемого режущего аппарата – зигзагообразной ножевой стенки, снижающей фактор защемления ломтиков обрабатываемого сырья между ножами. Смоделирована, на основе микроконтроллера ATmega-328, с применением языка программирования C++ система управления автоматизированного электропривода измельчителя, произведена ее проверка на работоспособность в виртуальной симуляционной облачно-отладочной среде «Autodesk Circuits on Tinkercad», доказавшей ее работоспособность и эффективность. Разработана система сбора данных и оперативного диспетчерского управления (SCADA-система) предлагаемого измельчителя с возможностью мониторинга в реальном времени технологических параметров и автоматизированным принятием решений системой на основе ситуаций технологического процесса.

Ключевые слова: автоматизация резания плодов, измельчители плодов, микроконтроллеры, ножевые аппараты, телемеханика, SCADA-системы.

Цитирование. Лебедь Н. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д., Ханин Ю. И., Веселова Н. М. Разработка и обоснование автоматизированной системы управления процессом резания плодовоовощных материалов ломтиковым измельчителем. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 364-372. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-45.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи изучили и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Введение. При хранении плодов и овощей потери урожая составляет от 20 до 30 %. Транспортировке свежих плодов и овощей с минимальными потерями в отдаленные регионы страны препятствуют значительные расстояния и недостаточное качество до-

рожной сети. При этом комплексная переработка 1 миллиона тонн плодовоовощного сырья на пищевые продукты с минимальным количеством отходов позволяет уменьшить потери его при хранении на 83 тысячи тонн [11, 13].

Также следует отметить, что в отраслях АПК России работают только 4 % техники, удовлетворяющей современным международным требованиям и стандартам. Способом обновления техники должны быть повсеместная автоматизация существующей и внедрение новой роботизированной техники, что делает актуальным применение способов разработки систем автоматизации посредством виртуальной симуляционной среды, позволяющей проводить проверку на работоспособность и моделирование в условиях, идентичных реальным [5, 10].

Материалы и методы. В качестве объекта исследований для разработки схемы автоматизации был выбран разработанный ранее измельчитель плодовоовощной продукции [4]. На рисунке 1а изображен измельчитель плодовоовощной продукции, схематичный вид, на рисунке 1б – изготовленная экспериментальная установка.

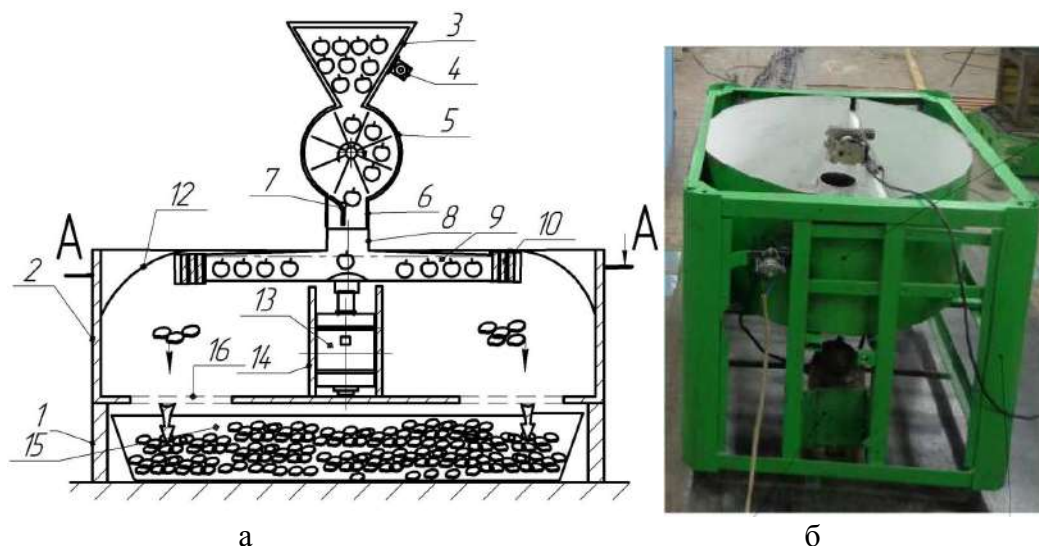


Рисунок 1 – Измельчитель плодовоовощной продукции [4]: а – схематичный вид, б – изготовленная экспериментальная установка

Figure 1 – Fruit and vegetable chopper [4]: a - schematic view, b - manufactured experimental setup

Устройство содержит опоры 1, цилиндрический корпус 2, закрепленный на нем загрузочный бункер 3 с вибратором-встряхивателем 4, дозатор барабанного типа 5, имеющий в нижней горловине 6 перекидной клапан 7, центробежный ротор 8 с тремя направляющими трубами 9, расположенными под углом 120° относительно друг друга, на концах которых установлены сменные ножевые стенки 10 с ножами 11, расположенными зигзагообразно, отражатели 12, электродвигатель 13, защитный кожух 14, емкость для сбора измельченного продукта 15, расположенная под выгрузными отверстиями 16 цилиндрического корпуса 2.

Устройство работает следующим образом.

Перед загрузкой материала запускали электродвигатель 13 устройства, чтобы задать центробежному ротору 8 необходимую частоту вращения. Обрабатываемый материал через загрузочный бункер 3 и дозатор барабанного типа 5 поступал в центробежный ротор 8. Посредством передачи крутящего момента валом электродвигателя 13 центробежный ротор 8 равномерно распределял плодовоовощной материал по трем направляющим трубам 9. В результате центробежной силы материал удалялся из

направляющих труб 9 через ножи 11 ножевых стенок 10 с линейной скоростью, необходимой для полного разрезания. При этом плодовоовощной материал проникал сквозь ножи 11, измельчался на ломтики необходимой толщины и далее через отражатели 12 и выгрузное отверстие 16 поступал в емкость для сбора измельченного материала 15.

Результаты и обсуждение. Проведенные ранее исследования были направлены на снижение энергоемкости измельчения и повышения качества готовой обработанной продукции. Как следствие, недостатком данного измельчителя было отсутствие системы управления и автоматизации электроприводом, что провоцировало дополнительные затраты за счет контроля и ручного управления при работе с устройством со стороны закреплённого оператора.

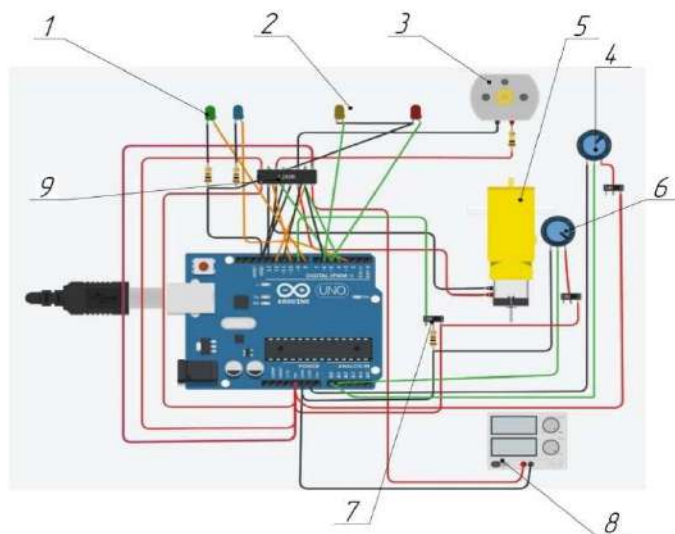
Так, при реализации рабочего режима измельчителя необходимо было запускать сначала основной привод (ротора) и при достижении нужной частоты вращения через 2...8 с приводить в действие привод дозатора. Для отключения измельчителя и выхода из рабочего режима порядок был обратный: вначале отключали привод дозатора и через 2...8 с – основной привод (ротора). Такая схема выключения была обусловлена исключением перегрузок ротора и полным измельчением всего обрабатываемого плодовоовощного сырья, находящегося в трубах ротора, а также удалением ломтиков из межножевого пространства ножевого аппарата. Кроме этого отсутствовала возможность отладки ряда режимов работы измельчителя, в частности гибкого управления частотой вращения электродвигателей.

Для разработки и моделирования системы автоматизированного управления измельчителем использовалась симуляционная облачно-отладочная среда «Autodesk Circuits on Tinkercad», где производился подбор основных элементов системы управления и их подключение к микроконтроллеру. Разработка программного кода проекта производилась в системе графического программирования «FLProg» на языке FBD, далее производилась проверка кода, перевод кода на язык C++ и последующая компиляция в «Arduino IDE» [3]. Полученная программа загружалась в блок «Код» среды «Autodesk Circuits on Tinkercad» с предварительно созданной схемой системы автоматизированного управления измельчителем для последующей проверки на работоспособность и моделирования [7, 12]. Для последующей разработки SCADA-системы использовали обмен данными посредством промышленного протокола Modbus с помощью последовательных линий связи RS-485 через OPC-серверы посредством ПО «Simp Light», а также «MasterOPC Universal Modbus Server» [1, 2, 6, 8, 9]. Для отладки работы SCADA-системы был изготовлен лабораторный стенд.

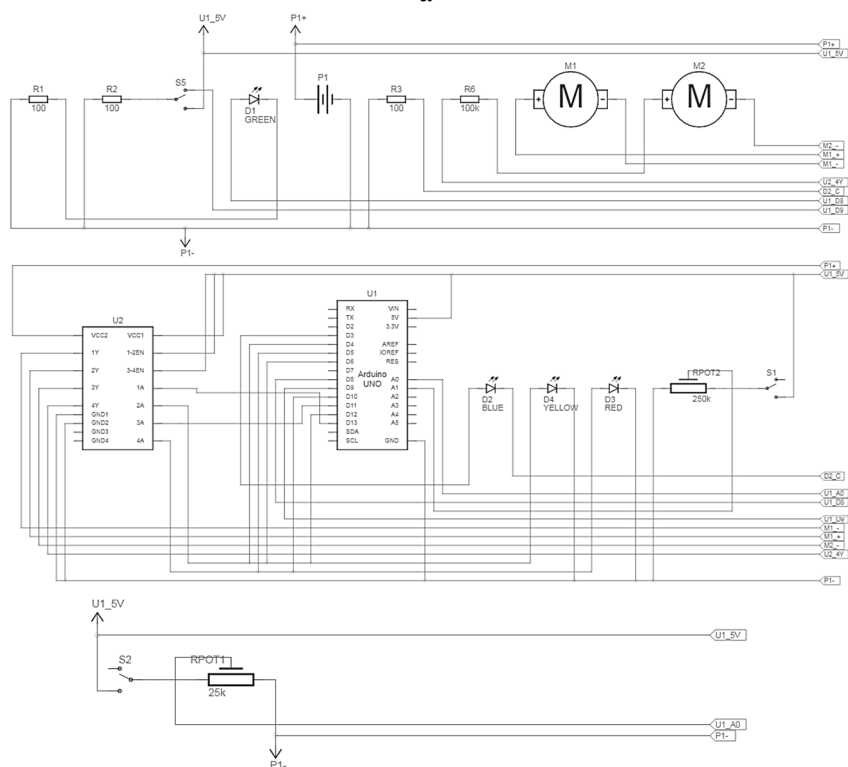
На рисунке 2 представлены результаты виртуального моделирования автоматизированного привода измельчителя плодовоовощной продукции в симуляционной облачно-отладочной среде Autodesk Circuits on Tinkercad.

Для построения схемы автоматизированного привода использовали имеющиеся виртуальные электронные компоненты указанной программы, в которую не входят источники и электродвигатели переменного тока. Так как для выполнения программы управления выбранным микроконтроллером ATmega-328 (Arduino-UNO) не принципиально различие между использованием постоянного или переменного тока, то вышеуказанную систему вполне можно протестировать на предлагаемой схеме (рис. 2) и в первом приближении рекомендовать для автоматизации разработанной ранее установки. В последующем схема будет дополнена соответствующими элементами: твердотельными реле (SSR AC), радиаторами для реле, шилдом управления мощной нагрузкой, электродвигателями переменного тока и др.

Для подключения электродвигателей к микроконтроллеру был использован драйвер с H-мостом L293D, позволяющий управлять в широком диапазоне настроек двумя электродвигателями одновременно.



а



б

Рисунок 2 – Результаты виртуального моделирования автоматизированного привода измельчителя плодовоовощной продукции в симуляционной облачно-отладочной среде Autodesk Circuits on Tinkercad: а – наглядный вид, б – электрическая схема, 1 – сигнальные лампы приводов при рабочем режиме, 2 – сигнальные лапы приводов при отладочном режиме, 3 – привод дозатора, 4 – потенциометр привода дозатора, 5 – основной привод, 6 – потенциометр основного привода, 7 – программная кнопка пошагового включения/выключения, 8 – источник питания, 9 – драйвер двигателей

Figure 2 - Results of virtual simulation of an automated drive for a fruit and vegetable chopper in the simulation cloud debugging environment Autodesk Circuits on Tinkercad: a - visual view, b - electrical circuit, 1 - signal lamps of the drives in the operating mode, 2 - signal paws of the drives in the debugging mode, 3 - dispenser drive, 4 - dispenser drive potentiometer, 5 - main drive, 6 - main drive potentiometer, 7 - step on/off soft button, 8 - power supply, 9 - motor driver

В качестве приводов для наглядности данной схемы, построенной в виртуальной симуляционной среде, использован мотор-редуктор – для основного привода (ротора) и мотор постоянного тока с понижающим резистором для снижения частоты его вращения – для привода дозатора.

Мотор-редуктор и мотор постоянного тока подключены через драйвер к цифровым выводам 10 и 12 платы Arduino-UNO, а также ШИМ-выводам 6 и 5. Применение ШИМ-выводов обусловлено режимом отладки измельчителя, где для гибкой регулировки частоты вращения приводов использованы потенциометры, подключенные к аналоговым входам A0 и A1. Потенциометры имеют переключатели для принудительного отключения режима отладки. Кроме этого к выводам 5 и 6 подсоединены аноды светодиодов (желтый, красный) в качестве сигнальных ламп приводов при отладочном режиме с возможностью менять яркость при корректировке частоты вращения мотора-редуктора и мотора постоянного тока потенциометрами.

В качестве сигнальных ламп приводов рабочего режима представлены светодиоды (зеленый, голубой), подключенные к 8 и 3 цифровым выводам, связанные с выводами 10, 12 и программной кнопкой пошагового включения/выключения приводов, подсоединенной к цифровому выводу 9, выполняющего роль входа.

На рисунке 3 представлены результаты графического программирования предлагаемой системы управления, выполненной на языке FBD для последующей работы в составе SCADA-системы.

Согласно этой схеме (рис. 3) предусмотрен тэг, выполняющий роль программной кнопки пошагового включения/выключения приводов, соединенный через функциональные блоки «таймер» с выходами привода дозатора и основного привода (ротора). Для реализации рабочего режима – пошагового включения / отключения использовано два блока «таймер» с задержкой на включение и на отключение». Кроме этого предусмотрены тэги регулировки частоты вращения приводов, а также системы сбора данных о температуре двигателей и влажности сырья. Аварийное отключение рабочего режима осуществляется посредством сравнения уставок наполнения бункера с реальными значениями от датчика с последующим принятием решения самой системой управления. На рисунке 4 представлена мнемосхема разработанной SCADA-системы и распределение Modbus tag (преобразованных в каналы OPC-серверов) на ее элементах индикации и управления.

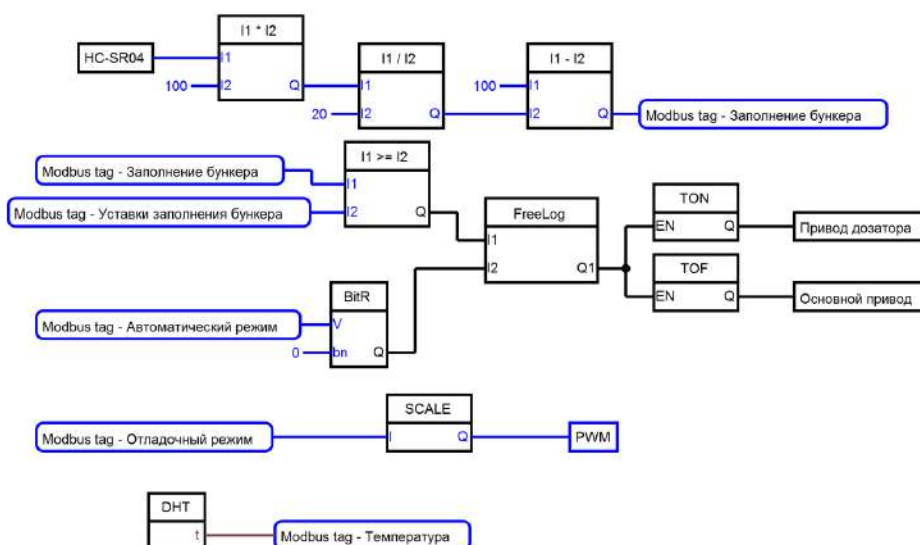


Рисунок 3 – Результаты графического программирования на языке FBD

Figure 3 - Results of graphical programming in the FBD language

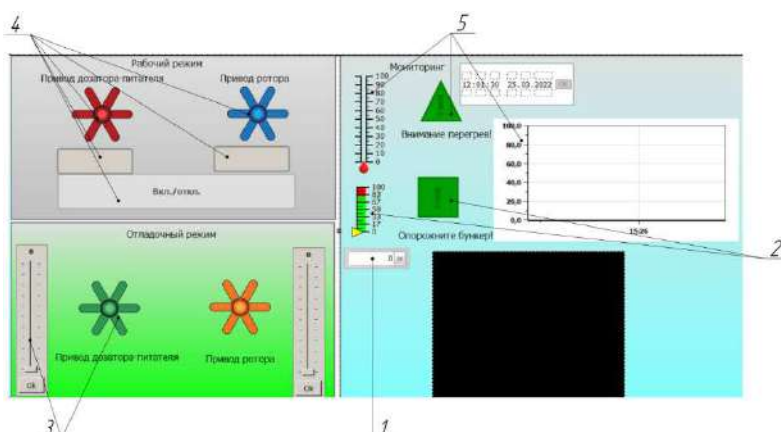


Рисунок 4 – Распределение Modbus tag на мнемосхеме SCADA-системы:

- 1 – уставки срабатывания защиты при заполнении бункера, 2 – заполнение бункера,
3 – отладочный режим, 4 – автоматический режим, 5 – температура

Figure 4 – Distribution of Modbus tag on the mnemonic diagram of the SCADA system:

- 1 – protection operation settings when filling the hopper, 2 - filling the hopper, 3 - debugging mode,
4 – automatic mode, 5 – temperature

Построенный графический код FBD преобразовывался до языка программирования C++, компилировался в Arduino IDE и загружался в блок «Код» симуляционной среды Autodesk Circuits on Tinkercad с предварительно собранной схемой автоматизации. Далее соответствующей командой в программе производилось моделирование функционирования разработанной системы управления автоматизированного электропривода измельчителя плодоовощной продукции, доказавшее работоспособность и эффективность схемы. Кроме этого, загрузка кода производилась и в микроконтроллер лабораторного стенда (рис. 5), где также проводилось физическое моделирование, результаты которого совпали с виртуальным.

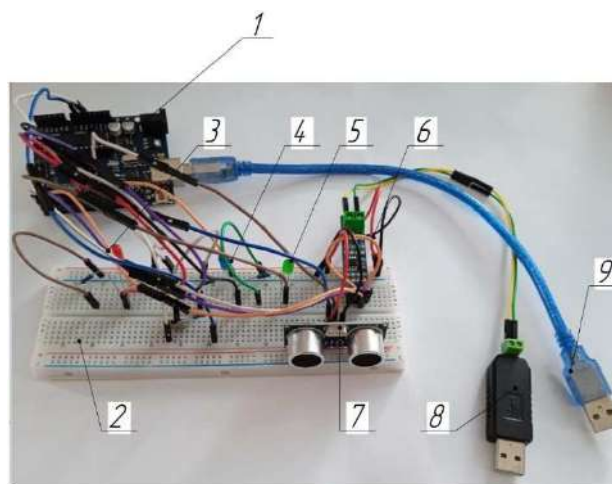


Рисунок 5 – Лабораторный стенд: 1- микроконтроллер, 2 – макетная плата, 3 – имитация работы привода дозатора, 4 – имитация работы основного привода, 5 – имитация работы отладочного режима (частоты вращения приводов), 6 – RS-485 to TTL Converter, 7 – датчик наполнения бункера, 8 – USB to RS-485 Converter, 9 – источник питания

Figure 5 – Laboratory stand: 1 - microcontroller, 2 - breadboard, 3 - imitation of the operation of the dispenser drive, 4 - imitation of the operation of the main drive, 5 - imitation of the operation of the debugging mode (speed of rotation of drives), 6 - RS-485 to TTL Converter, 7 - hopper full sensor, 8 - USB to RS-485 Converter, 9 - power supply

Выводы. Предлагаемая система управления автоматизированного электропривода измельчителя плодоовощной продукции обеспечивает в рабочем режиме поочередный запуск и отключение основного привода и привода дозатора с индикацией режима путем мигающей световой сигнализации и возможностью корректировок задержки времени на включения и отключение, а также в режиме отладки позволяет гибко настраивать частоту вращения приводов с отображением изменения яркости светодиодов соответствующим приводам измельчителя.

Поочередный запуск / отключение приводов в рабочем режиме позволяет избежать перегрузок ротора плодоовощным материалом до выхода его привода на частоту вращения рабочего режима, а также предотвратить накопление неизмельченного материала в роторе и ножевых аппаратах после отключения рабочего режима.

Разработана система сбора данных и оперативного диспетчерского управления (SCADA-система) предлагаемого измельчителя с возможностью мониторинга в реальном времени технологических параметров с возможностью автоматизированного принятия решений на основе ситуаций технологического процесса.

Библиографический список

1. Будников Д. А. Разработка SCADA-системы контроля лабораторного оборудования и параметров процесса сушки зерна // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. № 2 (31). С. 230-237.
2. Елизаров И. А., Мартемьянов Ю. Ф., Схиртладзе А. Г. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2021. 236 с.
3. Кирнос А. Е. Arduino – как средство автоматизации сельского хозяйства // *Вестник Кыргызстана*. 2018. № 1 (4). С. 275-279.
4. Лебедь Н. И., Антонов Н. М., Искуснов Ю. В. Результаты экспериментальных исследований по определению усилий резания плодов и корнеплодов // *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2012. № 2 (26). С. 137-141.
5. Микроконтроллерное оборудование в сельскохозяйственном производстве / Н. С. Парфенов [и др.] // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 3 (83). С. 211-216.
6. Программно-алгоритмическое обеспечение SCADA-системы / Д. И. Фоменко [и др.] // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. 2021. № 3. Т. 19. С. 5-13.
7. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. СПб.: БХВПетербург, 2012. 256 с.
8. Юрченко И. Ф. Становление цифровых платформ мелиоративного водохозяйственного комплекса // *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 1 (57). С. 380-395.
9. Alakbarov R. G., Hashimov M. A. Migration issues of SCADA systems to the cloud computing environment (review) // *SOCAR PROCEEDINGS*. 2020. №3. P. 155-164.
10. Analysis of root crops preparation system / A. A. H. Al-Maidi [et al.] // *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*. 2021. № 16. P. 1345-1350.
11. Antonov N. M., Lebed N. I., Makarov A. M. Energetic calculation of an apple chopper with zigzagging knife in the cutting unit // *Journal of Food Process Engineering*. 2017. № 40 (2).
12. Design principles for highly efficient quadrupeds and implementation on the mit cheetah robot / Sangok Seok [et al.] // *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. IEEE, 2013. P. 3307–3312.
13. Lebed N. I., Antonov N. M., Rusakova G. G. Investigation of process of cutting fruit and vegetable raw materials into slices using rotary chopper // *Lecture Notes in Mechanical Engineering: 5th International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2019; Sochi; Russian Federation*, 2019. P. 451-459.

Информация об авторах

Лебедь Никита Игоревич, профессор кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», доктор технических наук, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), E-mail: nik8872@yandex.ru

Гапич Дмитрий Сергеевич, заведующий кафедрой «Электроснабжение и энергетические системы», доктор технических наук, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), E-mail: gds08@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, профессор кафедры «Механика», доктор технических наук, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Ханин Юрий Иванович, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», кандидат технических наук, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), E-mail: haninyu5@gmail.com

Веселова Наталья Михайловна, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», кандидат технических наук, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), E-mail: veselovanm@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-46

FRONT LOADER WITH ADVANCED FUNCTIONAL CAPABILITIES

I. A. Nesmiyanov, M. E. Nikolaev, A. G. Ivanov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 25.12.2021

Submitted 06.04.2022

Summary

The design of the front loader is proposed and developed, geometric, structural, and kinematic analysis of the manipulation mechanism is carried out. The loader can be used when laying straw in stacks, laying haylage rolls in a stack. The degree of mobility of the manipulator is calculated, the theoretical calculation of the working area of the loader service is carried out. As a result of calculations, the front loader-0.5 can expand its service area by using spatially parallel programming mechanisms that will reduce the maneuvering of the loader in the technological process of loading, stacking hay bales.

Abstract

Introduction. In agriculture, front loaders are widely used for stacking bales, haylage rolls and other handling operations. Most often, the functionality of front loaders is enough, but sometimes additional maneuverability is required, and in such cases it is necessary to maneuver the tractor. Especially often this happens when laying straw in stacks, laying haylage rolls in a pile. **Materials and methods.** To expand the functionality of the front loader-0.5 in order to reduce the maneuvering of the tractor, it is planned to improve the manipulation mechanism of the loader. **Results and conclusions.** The design of the loader has been developed, a geometric, structural, and kinematic analysis of the manipulation mechanism has been carried out. calculated, the degree of mobility of the output link, carried out a theoretical calculation of the working area of the service loader. As a result of the calculations, the front loader - stacker (mounted universal stacker)-550 can expand its service area through the use of spatially parallelogram mechanisms that will reduce the maneuvering of the loader in the technological process of loading, stacking (stacking) hay bales.

Keywords: *front loader, structural analysis, kinematic analysis, service area, cargo-handling body, spatially parallelogram mechanism.*

Citation. Nesmiyanov I. A., Nikolaev M. E., Ivanov A. G. Front loader with advanced functional capabilities. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 372-378 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-46.

Author's contribution. The authors conducted research, summarized and analyzed the results and wrote a manuscript.

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

УДК 621. 869

ФРОНТАЛЬНЫЙ ПОГРУЗЧИК С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

И. А. Несмиянов, доктор технических наук, доцент

М. Е. Николаев, заведующий лабораторией

А. Г. Иванов, ассистент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.12.2021

Дата принятия к печати 06.04.2022

Актуальность. В сельском хозяйстве довольно широко используются фронтальные погрузчики, применяемые для укладки тюков, рулонов сенажа и выполнению других погрузочно-транспортных операций. Чаще всего функциональных возможностей фронтальных погрузчиков достаточно, но иногда требуется дополнительная маневренность и в таких случаях приходится осуществлять маневрирование трактором. Особенно часто такое происходит при укладке соломы в стога, кладке рулонов сенажа в штабель. **Материалы и методы.** Для расширения функциональных возможностей фронтального погрузчика СНУ-550 с целью уменьшения маневрирования трактора предполагается усовершенствование манипуляционного механизма погрузчика. **Результаты и выводы.** Разработана конструкция погрузчика, проведен геометрический, структурный, и кинематический анализ манипуляционного механизма. Посчитана степень подвижности выходного звена, проведен теоретический расчет рабочей зоны обслуживания погрузчика. В результате расчетов фронтальный погрузчик-стогометатель СНУ-550 может расширить свою зону обслуживания за счет использования пространственно-параллелограммных механизмов, которые уменьшат маневрирование погрузчика в технологическом процессе погрузки, штабелирования (укладки) тюков сена.

Ключевые слова: фронтальные погрузчики, зона обслуживания, грузозахватные органы, пространственно–параллелограммные механизмы.

Цитирование. Несмиянов И. А., Николаев М. Е., Иванов А. Г. Фронтальный погрузчик с расширенными функциональными возможностями. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 372-378. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-46.

Авторский вклад. Авторы провели исследования, обобщили и проанализировали полученные результаты и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В сельскохозяйственном производстве большое применение находят себе фронтальные погрузчики, используемые для укладки тюков, рулонов сенажа и выполнения других погрузочно-транспортных операций. При укладке такой тары функциональных возможностей фронтальных погрузчиков чаще всего недостаточно, требуется дополнительная маневренность и в таких случаях приходится осуществлять маневрирование трактором. Особенно часто подобное происходит при укладке соломы в стога, кладке рулонов сенажа в штабель [1, 3, 4]. По данным некоторых исследований до 12 % времени технологических операций штабелирования рулонов сенажа затрачивается на маневрирование шасси, при этом коэффициент использования фронтального погрузчика по производительности составляет 0,75. **Материалы и методы.** Для расширения функциональных возможностей фронтального погрузчика СНУ-550 с целью уменьшения маневрирования трактора предполагается усовершенствование манипуляционного механизма погрузчика. **Результаты и обсуждение.** Фронтальный погрузчик с расширенной рабочей зоной содержит грузозахватный орган, состоящий из верхнего 1 и нижнего 2 коромысел, грабельной решетки 3, ведущего звена-гидроцилиндра 4, а

также двух коромысел 5, 6 подъема грузозахватного органа, при чем шарниры 7 являются цилиндрическими, кинематическая пара которых равна пяти, два исполнительных привода 8, осуществляющие поворот коромысел 5, 6 в продольной плоскости, имеющие крепления посредством цилиндрических шарниров 9, пространственно-параллелограммный механизм, состоящий из звеньев 10, соединённых параллельно-последовательно между собой вращательными цилиндрическими шарнирами 11, гидроцилиндр управления 12 параллелограммным механизмом, имеющий крепления с звеньями пространственно-параллелограммного механизма посредством вращательных цилиндрических шарниров 13, неуправляемые тяги 14 соединены между собой вращательными цилиндрическими шарнирами 15.

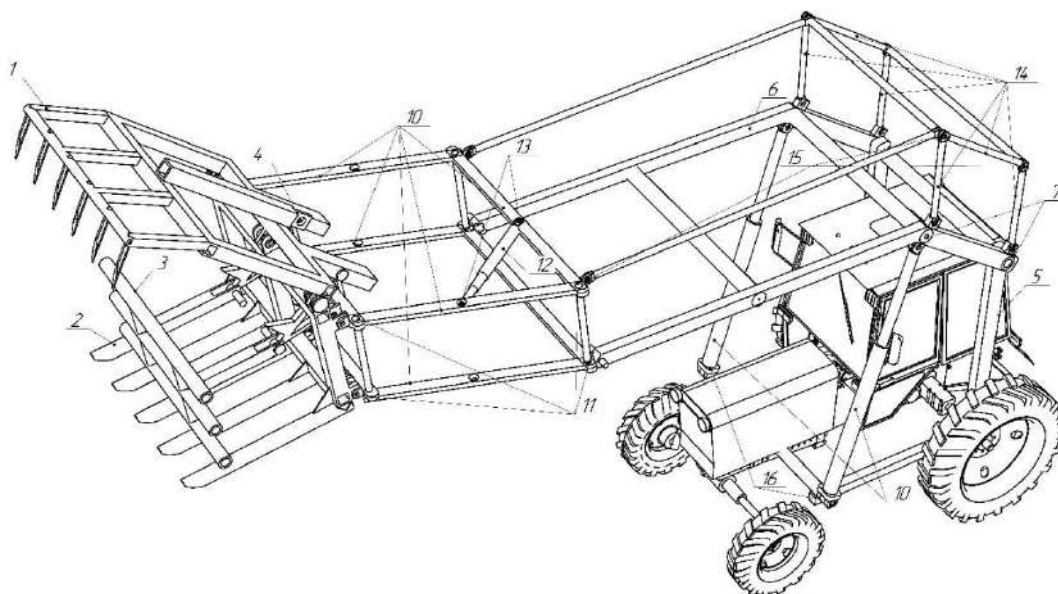


Рисунок 1 – Общий вид фронтального погрузчика с пространственно-параллелограммным механизмом

Figure 1 – General view of a front loader with a space-parallellogram mechanism

Технологический процесс погрузки тюков осуществляется следующим образом. Фронтальный погрузчик с расширенной рабочей зоной в транспортном положении движется до захватываемого объекта (рисунок 2), после чего останавливается с помощью гидроцилиндров 10 подъема механизма погрузчика, переводит погрузочное средство в рабочее положение, далее с помощью грузозахватного органа происходит захват объекта, в частности с помощью ведущего звена-гидроцилиндра 4 осуществляется сжатие объекта за счет поворота верхнего 1 и нижнего 2 коромысел, после чего осуществляется дальнейшее позиционирование в продольной плоскости с помощью коромысел 5, 6 подъема механизма погрузчика, перемещение в поперечной плоскости происходит за счет поворота пространственно-параллелограммного механизма, с помощью гидроцилиндра 12 и звеньев 10, причем пространственно-параллелограммный механизм всегда находится в горизонтальном положении за счет неуправляемых тяг 14 [5].

При исследовании механизма погрузчика структурный и кинематический анализ являются наиболее важными задачами. При проектировании механизма могут получиться лишние связи и избыточные подвижности, что в свою очередь приводит к возможной потере устойчивости и заклиниванию механизма. Для этого необходимо рассчитать степень подвижности механизма погрузчика [7-9].

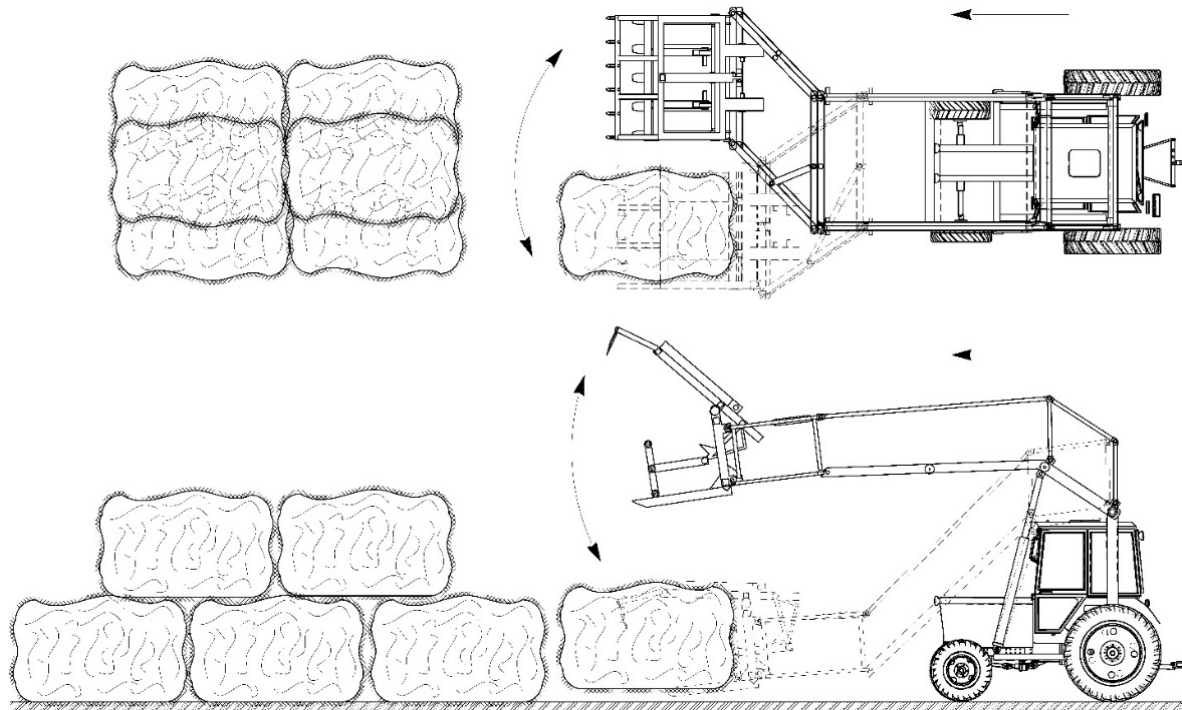


Рисунок 2 – Схема технологического процесса погрузки тюков сена

Figure 2 – Diagram of the technological process of loading hay bales

Степень подвижности обосновывается исполнительными звеньями механизма манипулятора. В данном случае это линейный привод на подъем стрелы погрузчика $l_1=AC$ в продольной плоскости, линейный привод $l_2=KK_1$ поворота пространственно-параллелограммного механизма в горизонтальной плоскости и линейный привод грузозахватного органа. Используя формулу Сомова-Малышева-Чебышева, для определения степени подвижности механизма W получаем:

$$W=6n-5p_5-4p_4-3p_3=2 \quad (1)$$

где $W(n, p_i)$ – степень подвижности; n – количество подвижных звеньев механизма; p_i – количество кинематических пар i -й подвижности.

Степень подвижности грузозахватного органа с учетом глобальных перемещений шасси составляет $W=3$.

Перемещение грузозахватного органа зависит от изменения обобщенных координат, которые задают его перемещение в пространстве $q(t)$.

Расчет рабочей зоны обслуживания погрузчика является одной из основных задач кинематического исследования, которая определяется движением выходного звена точки M грузозахватного органа (рисунок 3).

За параметры, от которых зависит зона обслуживания, взяты длины исполнительных звеньев $l_1=AC$, $l_2=KK_1$, угол α – угол поворота коромысел пространственно-параллелограммного механизма в продольной плоскости, зависящий от длины исполнительного привода (l_1) и угол α_1 – угол поворота пространственно-параллелограммного механизма в продольной плоскости, зависящий от длины исполнительного звена (l_2).

Перемещение выходного звена (точки M) грузозахватного органа между подвижной $O_1X_1Y_1Z_1$ и неподвижной $OXYZ$ декартовыми системами координат осуществляется по следующим зависимостям [2, 6, 10-12]:

$$\begin{cases} X_i = X_0 + \alpha_{11}X_{1M} + \alpha_{21}Y_{1M} + \alpha_{31}Z_{1M}, \\ Y_i = Y_0 + \alpha_{12}X_{1M} + \alpha_{22}Y_{1M} + \alpha_{32}Z_{1M}, \\ Z_i = Z_0 + \alpha_{13}X_{1M} + \alpha_{23}Y_{1M} + \alpha_{33}Z_{1M}. \end{cases} \quad (2)$$

где X_M, Y_M, Z_M – координаты выходного звена (точки M) грузозахватного органа; X_0, Y_0, Z_0 – проекции на соответствующие оси, которые определяют отношение подвижной системы к не подвижной; α_{sk} – косинусы углов, задающие направление вектора подвижной системы относительно не подвижной; $\vec{i}_{1s}, \vec{i}_k$ – проекции единичных векторов в подвижной и неподвижной системе координат.

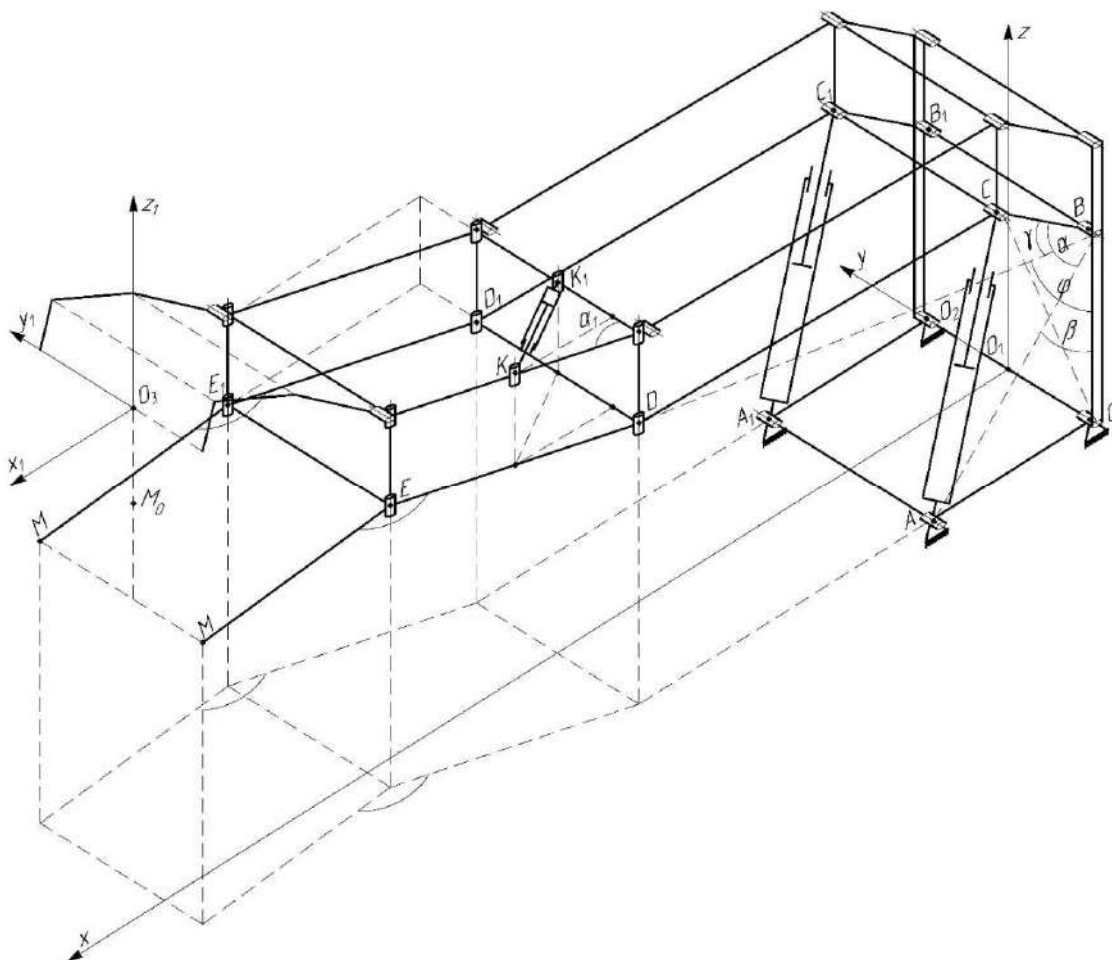


Рисунок 3 – Кинематическая схема фронтального погрузчика с пространственно-параллелограммным механизмом

Figure 3 – Kinematic diagram of a front loader with a space-parallellogram mechanism

$$\alpha_{sk} = \vec{i}_{1s} \cdot \vec{i}_k \quad s, k = 1, 2, 3 \quad (3)$$

Для формулы (1) $X_0 = 0; Y_0 = Y_0; Z_0 = 0$,

матрица направляющих косинусов -
$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi \end{vmatrix} \quad (4)$$

Тогда для точки M в неподвижной системе формула (2) принимает вид:

$$\begin{cases} x = DB \sqrt{1 - \cos^2 \left(\beta - \gamma + \arccos \left(\frac{-AC^2 + AB^2 + BC^2}{2AB \cdot BC} \right) \right)} + DE \sqrt{1 - \left(\frac{DK^2 + K_1 D^2 - K K_1^2}{2DK \cdot DK_1} \right)^2} + ME \\ y = DE \cdot \left(\frac{DK^2 + DK_1^2 - K K_1^2}{2 \cdot DK \cdot DK_1} \right) \\ z = OB - DB \cdot \cos \left(\beta - \gamma + \arccos \left(\frac{-AC^2 + AB^2 + BC^2}{2AB \cdot BC} \right) \right) \end{cases} \quad (5)$$

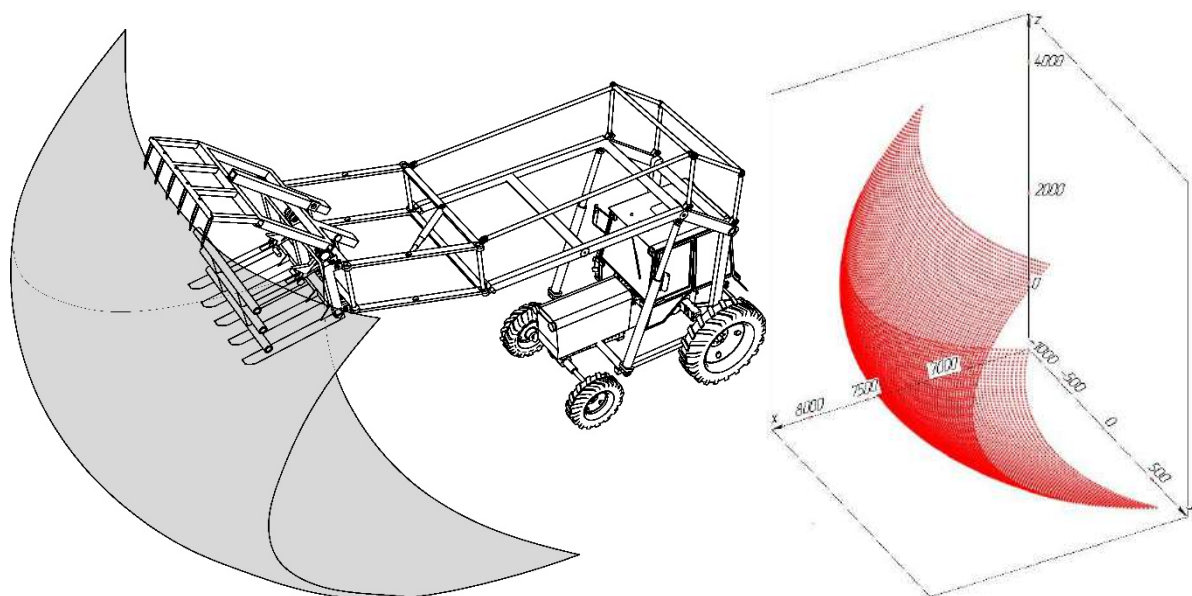


Рисунок 4 – Рабочая зона погрузчика стогометателя

Figure 4 – The working area of the loader stogometatel

Формирование теоретической зоны обслуживания манипуляционного механизма погрузчика, полностью описывается с помощью системы уравнений (5). Все расчеты пространственного перемещения точки M произведены в программном комплексе Mathcad [13, 14].

В результате из полученной зоны обслуживания фронтального погрузчика на рисунке 4 видно, что движения выходного звена грузозахватного органа (точки M) осуществляется по оси X от $\min(X) = 6554$ мм до $\max(X) = 8104$ мм; по оси Y от $\min(Y) = -1077$ мм до $\max(Y) = 917$ мм; по оси Z от $\min(Z) = -845$ мм до $\max(Z) = 4423$ мм [15, 16]. Фронтальный погрузчик СНУ-550 может расширить свою рабочую зону обслуживания, за счет использования пространственно-параллелограммных механизмов, которые уменьшат маневрирование погрузчика в технологическом процессе погрузки, штабелирования (укладки) тюков сена, что, в свою очередь, повлечет уменьшение расхода топлива и повышение производительности труда.

Выводы. Разработана конструкция погрузчика, проведены геометрический, структурный и кинематический анализ манипуляционного механизма. Посчитана, степень подвижности манипулятора, проведен теоретический расчет рабочей зоны обслуживания погрузчика. В результате расчетов фронтальный погрузчик СНУ-550, может

расширить свою зону обслуживания за счет использования пространственно-параллелограммных механизмов. Это уменьшит маневрирование погрузчика в технологическом процессе погрузки, штабелирования (укладки) тюков сена.

Библиографический список

1. Дегтяренко А. С. Исследование способов погрузки тюков незерновой части урожая // Инженерный вестник Дона. 2021. № 6 (78). С. 115-130.
2. Дяшкин-Титов В. В., Павловский В. Е. Задача оптимального управления перемещением схвата манипулятора-трипода // Известия Нижневолжского агроинженерного комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4 (36). С. 241-247.
3. Использование современного программного обеспечения для проектирования сельскохозяйственной техники / Д. Н. Пирожков, Е. В. Воронов, С. А. Сорокин, Р. Н. Бачурин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (159). С. 153-158.
4. Оценка комбинированных машин с грузоподъемными устройствами / Р. Л. Сахапов, М. М. Махмутов, М. М. Земдыханов, М. М. Махмутов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 1-2. С. 282-287.
5. Строганов Ю. Н., Давыдова В. В., Летнев К. Ю. Повышение безопасности погрузочно-разгрузочных работ при транспортировке картофеля и овощей с использованием мягких контейнеров // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2019. № 5 (5). С. 67-77.
6. Тарасов В. Н., Бояркина И. В. Динамика рабочего оборудования технологических стреловых машин при реальном законе управления электрозолотником гидрораспределителя // Динамика систем, механизмов и машин. 2016. № 1. С. 108-115.
7. Токарев В. И., Бабоченко Н. В. Вопрос стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси // Нива Поволжья. 2020. № 4 (57). С. 100-108.
8. Шварц А. А., Шварц С. А., Башкирев А. П. Оптимизация параметров бокового погрузчика пресс-подборщика // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 223-232.
9. Щербак О. В. Математическое и компьютерное моделирование нагруженности основных элементов рамы фронтального погрузчика // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 2. № 88. С. 51-55.
10. Akay A. E. Productivity analysis of front-end loader in timber harvesting // European Journal of Forest Engineering. 2020. № 6 (1). P. 7-13.
11. Nesmianov I. A., Nikolaev M. E., Sharipov R. V. Substantiation of the parameters of the executive drive of the robot manipulator of the loading and transport unit // Series of conferences IOP: Science of the Earth and the environment. 2021. 659(1).
12. Nikolaev M. E., Nesmianov I. A., Zakharov E. N. Determination of the service area of an agricultural loading robot with a manipulator of parallel-sequential design // IOP conference series: Materials science and engineering. 2020. 747 (1).
13. Nikolaev M. Parameters of justification and trajectory of capture planning for robotic loading and transportation // Intellectual innovations, systems and technologies. 2022. 245.
14. Oskarsson B., Westergaard E., Langer, T. H. Optimization of tractor front loader for improved design freedom and increased operability. 2019.
15. Troyanovskaya I. P., Shepelev S. D. Design of agricultural loader with articulated frame. 2021.
16. Zhoga V. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers // International Review of Mechanical Engineering. 2017. V. 11. № 5. P. 337-342.

Информация об авторах:

Несмиянов Иван Алексеевич, проректор по учебной работе, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail ivan_nesmiyanov@mail.ru

Николаев Максим Евгеньевич, заведующий лабораторией кафедры "Механика" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru ORCID 0000-0003-2956-4064

Иванов Алексей Геннадьевич, ассистент кафедры «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: leha_2106@list.ru ORCID 0000-0003-1098-099X

DESIGN AND LAYOUT OF A BIOREACTOR FOR DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT

A. E. Novikov¹, M. I. Filimonov^{1,2}, E. A. Dugin¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution*

«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd

²*Volgograd State Technical University, Volgograd*

Received 13.03.2022

Submitted 21.04.2022

Summary

The article presents the results of designing a small-sized bioreactor for domestic wastewater treatment and the layout of the secondary clarifier module is completed. The optimal design of the module is easily mounted in a septic tank, creating a closed system of aeration tank - secondary sump. Providing residential buildings with a local treatment plant of the developed design will solve the environmental problem of pollution of groundwater and small rivers with domestic wastewater, as well as the rational use of water resources when irrigating lawns, trees, shrubs and other plants with purified water.

Abstract

Introduction. The development of water supply and sanitation infrastructure in rural areas is an important task, the solution of which will not only improve the well-being of people, but also create conditions for the rational use of water resources. According to Rosstat, about 67% of the rural population in Russia does not have a centralized sewerage system, of which 49% use cesspools, and 18% do not have sewage systems at all. The low provision of rural areas with modern technologies and sanitary equipment is associated with high costs for the construction of a centralized sewage system, the lack of affordable and technologically optimal compact modular stations that provide deep degradation of nutrients in domestic wastewater, which can be easily built into an existing septic tank of an individual residential building. **Object.** The object of the study was a graphical model of the process of biological treatment of domestic wastewater in a displacing aerotank and a small-sized bioreactor for individual residential buildings in rural areas. **Materials and methods.** The design of equipment elements for the bioreactor for domestic wastewater treatment was carried out taking into account SNiP 2.04.03-85 (SP 32.13330.2018) «Sewerage. External networks and structures». The layout of the bioreactor was performed in a three-dimensional computer-aided design system AutoCAD. The development of a graphical model is based on a linear algorithm for calculating the process of biological treatment of domestic wastewater in a displacing aerotank with an activated sludge regenerator. The CurveExpert software was used to process the data array on the effect of the average monthly wastewater temperature and atmospheric pressure on the oxygen solubility to obtain a regression equation. **Results and conclusion.** A graphical model of the process of biological treatment of domestic wastewater in a aeration tank-displacer has been developed, and on its basis, a design calculation of a small-sized bioreactor and a layout of a secondary sump for individual residential houses in rural areas. A channel desilter and aeration elements are mounted on the body of the secondary clarifier. The bioreactor provides a low-load biotechnology for domestic wastewater treatment with a high degree of nutrient degradation and little excess sludge formation. The optimal design of the secondary clarifier module is quite easy to install in an existing septic tank, creating a local treatment plant for a residential building. Thus, the use of a bioreactor will improve the well-being of the rural population, prevent pollution of groundwater and small rivers with domestic wastewater, use clarified water for lawn irrigation, trees, shrubs and other plants.

Key words: *biological wastewater treatment, bioreactor, treatment facilities, individual residential buildings, rural settlements and territories.*

Citation. Novikov A.E., Filimonov M.I., Dugin E.A. Design and layout of a bioreactor for domestic wastewater treatment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 379-387 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-47.

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

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

УДК 628.334.51

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПОНОВКА БИОРЕАКТОРА ОЧИСТКИ
БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД****А. Е. Новиков¹**, доктор технических наук, доцент**М. И. Филимонов^{1,2}**, кандидат технических наук**Е. А. Дугин¹**, аспирант¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия, г. Волгоград²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.03.2022

Дата принятия к печати 21.04.2022

Актуальность. Развитие водопроводной и санитарной инфраструктуры сельских территорий является важной задачей, решение которой позволит не только улучшить благосостояние людей, но и создать условия для рационального использования водных ресурсов. По данным Росстата, в России около 67 % сельского населения не имеет централизованной канализации, из них 49 % пользуются выгребными ямами, а 18 % не имеют канализации вообще. Низкая обеспеченность сельских территорий современными технологиями и санитарным оборудованием связана с высокими затратами на строительство централизованной канализации, отсутствием доступных по цене и технологически оптимальных компактных модульных станций, обеспечивающих глубокую деградацию биогенных веществ в бытовых сточных водах, которые могут быть легко встроены в имеющийся септик индивидуального жилого дома. **Объект.** Объектом исследования являлась графическая модель процесса биологической очистки бытовых сточных вод в аэротенке-вытеснителе и малогабаритный биореактор для индивидуальных жилых домов сельских территорий. **Материалы и методы.** Проектирование элементов оборудования биореактора очистки бытовых сточных вод выполняли с учетом СНиП 2.04.03-85 (СП 32.13330.2018) «Канализация. Наружные сети и сооружения». Компонировку биореактора выполняли в трехмерной системе автоматизированного проектирования AutoCAD. В основе разработки графической модели заложен линейный алгоритм расчета процесса биологической очистки бытовых сточных вод в аэротенке-вытеснителе с регенератором активного ила. Для обработки массива данных по влиянию среднемесячной температуры сточной воды и атмосферного давления на растворимость кислорода с получением регрессионного уравнения использовали программное обеспечение CurveExpert. **Результаты и выводы.** Разработанная графическая модель процесса биологической очистки бытовых сточных вод в аэротенке-вытеснителе, а на ее основе выполнен проектный расчет малогабаритного биореактора и компоновка вторичного отстойника для индивидуальных жилых домов сельских территорий. На корпусе вторичного отстойника смонтированы канальный илоотделитель и аэрационные элементы. Биореактор обеспечивает низко нагружаемую биотехнологию очистки бытовых сточных вод при высокой степени деструкции биогенных веществ и незначительном образовании избыточного ила. Оптимальная конструкция модуля вторичного отстойника довольно легко монтируется в существующий септик, тем самым создается локальное очистное сооружение жилого дома. Таким образом, применение биореактора позволит повысить благополучие сельского населения, предотвратить загрязнение грунтовых вод и малых рек бытовыми сточными водами, а также использовать осветленную воду для полива газона, древесно-кустарниковых и других растений.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, биореакторы, очистные сооружения, индивидуальные жилые дома, очистка сточных вод.

Цитирование. Новиков А. Е., Филимонов М. И., Дугин Е. А. Проектирование и компоновка биореактора очистки бытовых сточных вод. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 379-387. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-47.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Государственная программа Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» призвана решить социальные, экономические и экологические проблемы населения, проживающего в сельской местности. При этом одной из приоритетных задач госпрограммы является развитие водопроводной и санитарной инфраструктуры, что обусловлено необходимостью не только повышения благосостояния людей, но и рационального использования водных ресурсов, защиты подземных вод и малых рек, которые уже сейчас требуют осуществления безотлагательных мер по их оздоровлению [8, 9, 11]. Об актуальности проблемы в России свидетельствуют данные Росстата, согласно которым около 67 % сельского населения не имеет централизованной канализации, из них 49 % пользуется выгребными ямами, а 18 % не имеет канализации вообще. В республике Беларусь обеспеченность сельского населения централизованными и местными системами канализации составляет не более 38 % [5], в Узбекистане – менее 1 %! [1]. В таких странах центральной и восточной Европы, как Словения, Венгрия, Словакия, Румыния, Польша, Болгария, Чехия и Латвия, выгребные ямы используются от 90 до 75 % случаев среди сельского населения, на Украине – в 70 % случаях. Немного лучше ситуация с использованием систем биологической очистки бытовых сточных вод с активным илом обстоит в сельской местности Литвы и Эстонии, где их доля составляет от 0,4 до 0,6 [2].

Низкая обеспеченность сельских поселений относительно индустриально развитых городских территорий современными технологиями и санитарным оборудованием связана с тем, что они экономически слабее и рассредоточены на больших расстояниях, требуют более высоких затрат на организацию централизованной канализации. Проблема усугубляется еще и отсутствием доступных по цене и технологически оптимальных компактных модульных станций, обеспечивающих глубокую деградацию биогенных веществ в бытовых сточных водах, которые могут быть легко встроены в существующую локальную канализацию (выгребная яма, септик) индивидуального жилого дома [6, 10].

Целью исследования являлась разработка графической модели процесса биологической очистки сточных вод в аэротенке-вытеснителе и на ее основе проектирование малогабаритного биореактора и компоновка вторичного отстойника для индивидуальных жилых домов сельских территорий.

Материалы и методы. При проектировании элементов оборудования биореактора очистки бытовых сточных вод руководствовались СНиП 2.04.03-85 (СП 32.13330.2018) «Канализация. Наружные сети и сооружения». Необходимые коэффициенты для расчета принимали в соответствии с действующими санитарными нормами и правилами. Компоновку биореактора выполняли в трехмерной системе автоматизированного проектирования AutoCAD.

В основе разработки графической модели заложен линейный алгоритм расчета процесса биологической очистки бытовых сточных вод в аэротенке-вытеснителе с регенератором активного ила.

Растворимость кислорода в сточной воде определяли по регрессионному уравнению:

$$C_t = \frac{-7,99 - 2,37 \cdot 10^{-2} \cdot t_w + 0,11 \cdot p_{atm}}{1 + 0,059 t_w + 1,08 \cdot 10^{-3} \cdot p_{atm}},$$

где t_w – среднемесячная температура воды за летний период, °C; p_{atm} – атмосферное давление, МПа.

Для обработки массива данных по влиянию среднемесячной температуры сточной воды и атмосферного давления на растворимость кислорода с получением регрессионного уравнения использовали программное обеспечение *CurveExpert*.

Результаты и обсуждение. При проектировании сооружений биологической очистки бытовых сточных вод используют классические модели биореактора: аэротенк-вытеснитель, аэротенк-смеситель и их комбинация. Определяющими их выбор факторами являются нагрузка на систему и необходимость управления ею при помощи регенератора активного ила (рисунок 1).

Так, при отсутствии резких колебаний расхода сточных вод и концентрации в них биогенных веществ используют преимущественно биореактор «вытеснитель», а при необходимости усреднения сточных вод по нагрузке – биореактор «смеситель». Комбинированные аппараты, например биореакторы Топас, Юнило, Евробион [3], при довольно сложном конструктивном исполнении и, соответственно, высоких затратах на строительство, эксплуатацию и обслуживание совмещают преимущества обеих идеальных моделей.

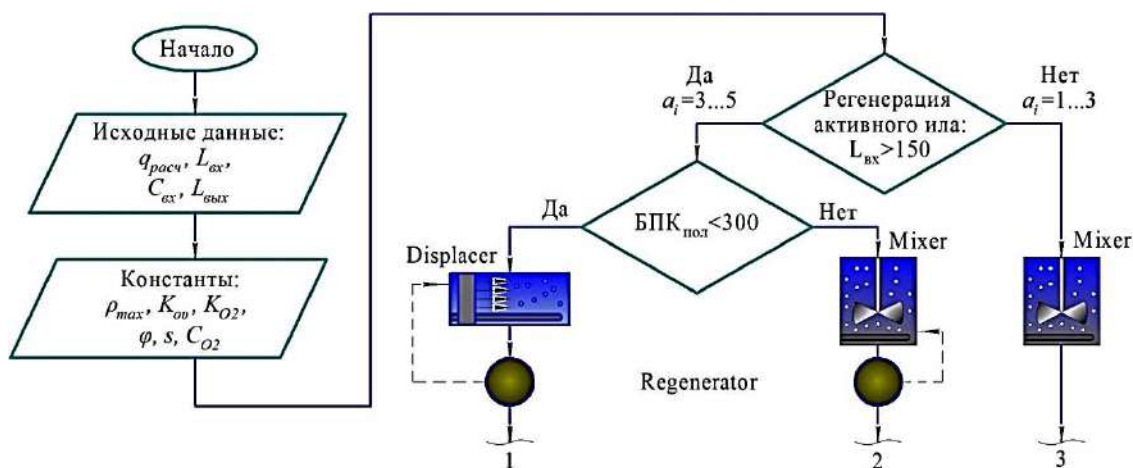


Рисунок 1 – Блок-схема ввода исходных данных и выбора типа биореактора

Figure 1 – Flowchart for entering initial data and choosing the type of bioreactor

Для индивидуальных жилых домов с локальным очистным сооружением целесообразно использовать системы с управлением нагрузкой из-за возможности уменьшения их габаритных размеров до 20 %. Проектирование подобных систем включает 3 основных блока: определение технологических и конструктивных параметров окислителя биогенных веществ (аэротенка) с выходом на типовую конструкцию аппарата с габаритными размерами и величину прироста активного ила, расчет модуля аэрации с выходом на интенсивность аэрации и потребность в расходе воздуха, а также определение рабочей площади отстаивания вторичного отстойника [4, 7].

Алгоритм проектирования биореактора очистки бытовых сточных вод, таблица идентификаторов и результаты расчета аппарата на заданную производительность приведены на рисунках 2, 3 и в таблице 1.

С учетом норм водоотведения на одного пользователя, особенностей локальных очистных сооружений, применяемых в частном жилом секторе, для проектного расчета биореактора были приняты расход сточных вод 0,95 м³/сут, концентрация биогенных и взвешенных веществ 375 мг/л и 342 мг/л соответственно, концентрация биогенных веществ в осветленной воде – не более 5 мг/л. Коэффициенты принимали в соответствии со СНиП 2.04.03-85 (СП 32.13330.2018).

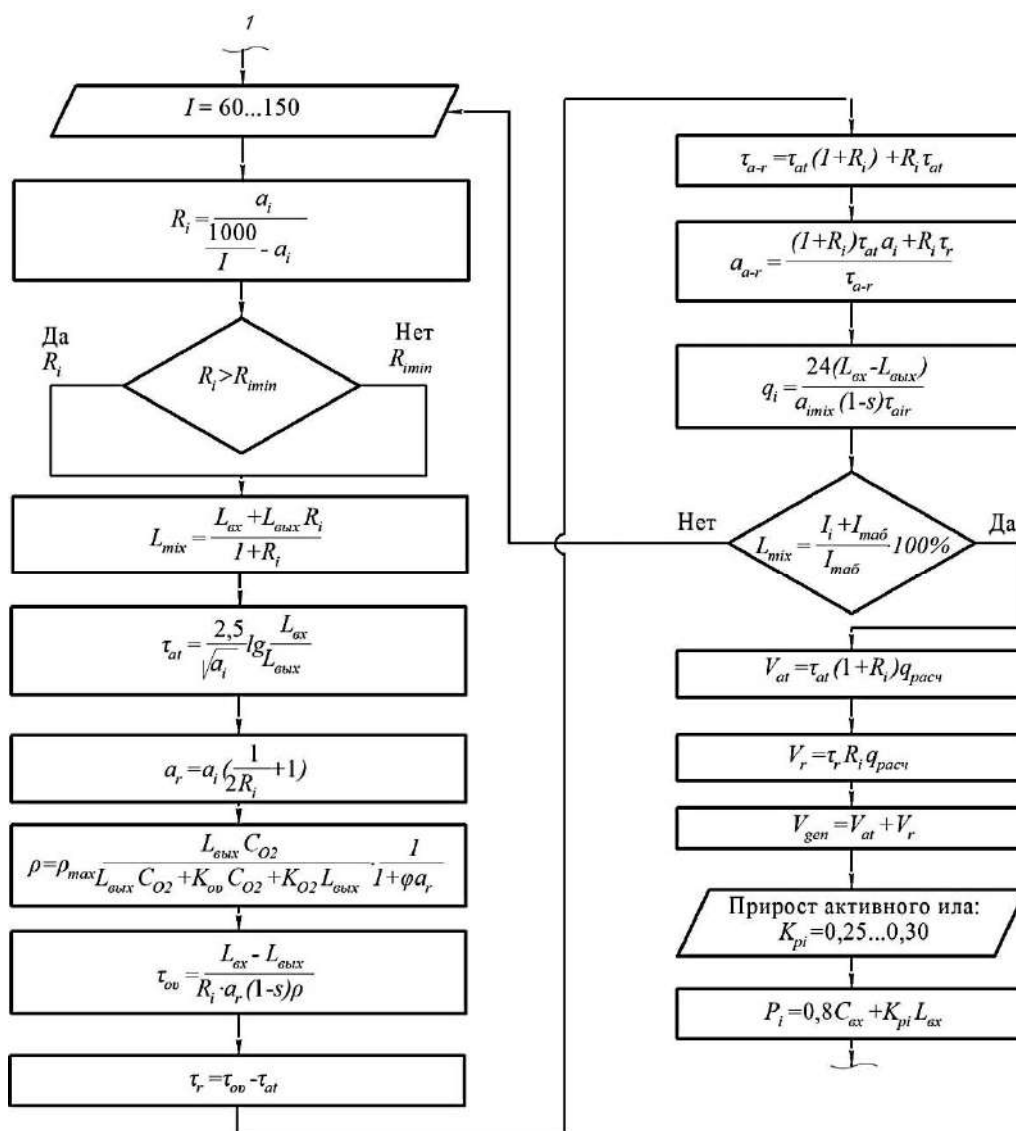


Рисунок 2 – Блок-схема расчета технологических и конструктивных параметров биореактора

Figure 2 – Block diagram for calculating the technological and design parameters of the bioreactor

По результатам проектного расчета биореактора очистки бытовых сточных вод выполнена компоновка модуля вторичного отстойника из полимерного материала (рисунок 4). На корпусе вторичного отстойника, выполненного квадратным сечением со сторонами $0,3 \text{ м}^2$ и высотой $2,0 \text{ м}$, смонтированы канальный илоотделитель и аэрационные элементы.

Биореактор обеспечивает низко нагружаемую биотехнологию очистки бытовых сточных вод при высокой степени деструкции биогенных веществ и незначительном образовании избыточного ила, требующего периодической откачки и утилизации (не более одного раза в год). Оптимальная конструкция модуля вторичного отстойника довольно легко монтируется в имеющиеся септики, создавая замкнутую систему «аэротенк – вторичный отстойник». Обеспечение жилых домов локальным очистным сооружением разработанной конструкции позволит повысить благополучие сельского населения, решить экологическую проблему загрязнения грунтовых вод и малых рек сточными водами, а также повысить эффективность использования водных ресурсов за счет поливов очищенной водой газонов, древесно-кустарниковых и других растений.

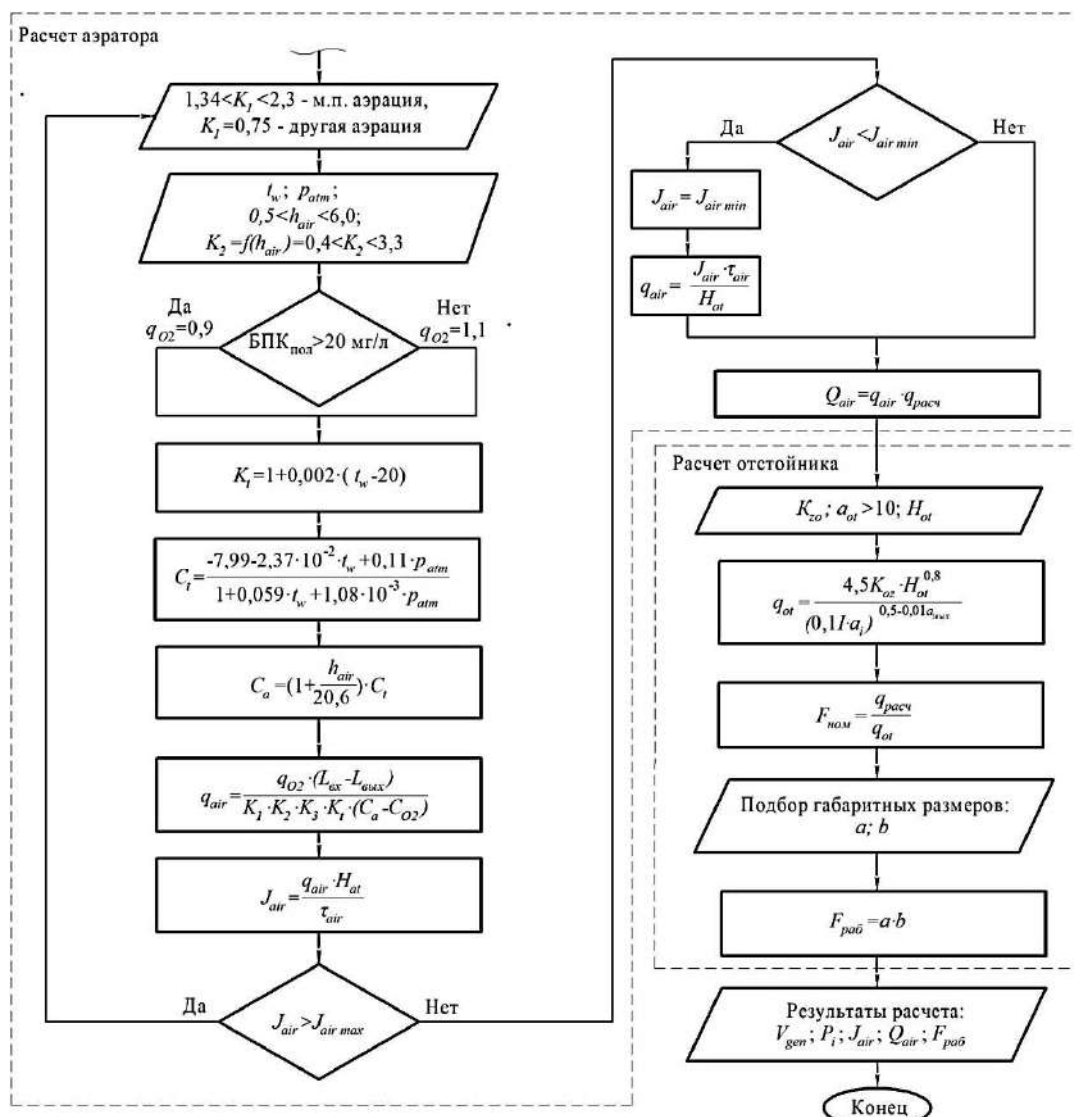


Рисунок 3 – Блок-схема расчета параметров системы аэрации и вторичного отстойника
Figure 3 – Block diagram for calculating the parameters of the aeration system and the secondary clarifier

Таблица 1 – Идентификаторы и результаты расчета биореактора

Table 1 – Identifiers and calculation results of the bioreactor

Параметр / Parameter	Обозначение / Designation	Размерность / Units	Значение / Value
1	2	3	4
Расчет аэротенка / Aerotank calculation			
<i>Константы / Constants</i>			
Максимальная скорость окисления / Maximum oxidation rate	ρ_{max}	мг БПК _{полн} /(г·ч) / mg BOD _{tot} /(g·h)	85
Константа свойств органических веществ / Constant of properties of organic substances	K_{ov}	мг БПК _{полн} /л / mg BOD _{total} /l	33
Константа, учитывающая влияние кислорода / Constant taking into account the influence of oxygen	K_{O_2}	мг O ₂ /л / mg O ₂ /l	0,625

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Коэффициент ингибирования продуктами распада ила / Inhibition coefficient of sludge decomposition products	φ	л/г / l/g	0,07
Зольность ила / Ash content of sludge	s	-	0,3
Концентрация кислорода / Oxygen concentration	C_{O_2}	мг/л / mg/l	2,0
Коэффициент прироста ила / Sludge growth rate	K_{pi}	-	0,3
<i>Расчетные значения / Estimated values</i>			
Иловый индекс / Silt index	I	см ³ /г / cm ³ /g	100
Доза ила / Dose of sludge	a	г/л / g/l	3
Степень рециркуляции ила / Sludge recycling rate	R_i	-	0,43
БПК _{полн} на выходе / BOD _{total} at the outlet	L_{mix}	мг/л / mg/l	264
Время обработки сточной воды / Waste water treatment time	τ_{at}	ч / h	2,49
Доза ила в регенераторе / Dose of sludge in the regenerator	a_r	г/л / g/l	6,5
Удельная скорость окисления / Specific oxidation rate	ρ	мг БПК _{полн} /(г·ч) / mg BOD _{tot} /(g·h)	7,38
Время окисления органики / Oxidation time of organic substances	τ_{ov}	ч / h	25,7
Время пребывания сточных вод в си- стеме / Waste water residence time in the system	τ_{a-r}	ч / h	13,5
Средняя доза ила в системе / Average dose of sludge in the system	a_{a-r}	г/л / g/l	5,58
Нагрузка на ил / Silt load	q_i	мг БПК _{полн} /(г·сут) / mg BOD _{tot} /(g·day)	168,4
Рабочий объем аэротенка / Working volume of the aeration tank	V_{at}	м ³ / m ³	0,14
Рабочий объем регенератора / Working volume of the regenerator	V_r	м ³ / m ³	0,39
Общий объем / Overall volume	V_{gen}	м ³ / m ³	0,53
Прирост ила / Silt growth	P_i	мг/л / mg/l	386
Расчет аэратора / Aerator calculation			
<i>Исходные данные / Initial data</i>			
Удельный расход кислорода воздуха / Specific air oxygen consumption	q_{O_2}	мг/мг снятой БПК _{полн} / mg/mg removed BOD _{total}	1,1
Глубина погружения аэратора / Aerator immersion depth	h_{air}	м / m	1,5
Температура сточных вод / Waste water temperature	t_w	°C	20
Атмосферное давление / Atmosphere pressure	p_{atm}	атм / atm	1
<i>Расчетные значения / Estimated values</i>			
Растворимость кислорода в сточной воде / Solubility of oxygen in wastewater	C_t	мг/л / mg/l	9,02

Окоечание таблицы 1

1	2	3	4
Растворимость кислорода воздуха в воде / Solubility of air oxygen in water	C_a	мг/л / mg/l	9,68
Удельный расход воздуха / Specific air consumption	q_{air}	$\frac{m^3}{m^3} / \frac{m^3}{m^3}$	33,45
Интенсивность аэрации / Aeration intensity	J_{air}	$\frac{m^3}{m^2 \cdot \text{час}} / \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{hour}}$	20,15
Рабочая потребность в воздухе / Working air requirement	Q_{air}	л/мин / l/min	21,7
Расчет отстойника / Sump calculation			
<i>Исходные данные / Initial data</i>			
Концентрация ила в осветленной воде / Silt concentration in clarified water	a_{ot}	мг/л / mg/l	10
Глубина проточной части отстойника / Depth of the flowing part of the sump	H_{ot}	м / m	2,0
<i>Расчетные значения / Estimated values</i>			
Гидравлическая нагрузка на отстойник / Hydraulic load on the sump	q_{ot}	$\frac{m^3}{m^2 \cdot \text{час}} / \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{hour}}$	0,7
Номинальная площадь отстаивания / Nominal settling area	$F_{ном}$	$\frac{m^2}{m^2}$	0,056
Рабочая площадь отстойника / Settler working area	$F_{раб}$	$\frac{m^2}{m^2}$	0,09

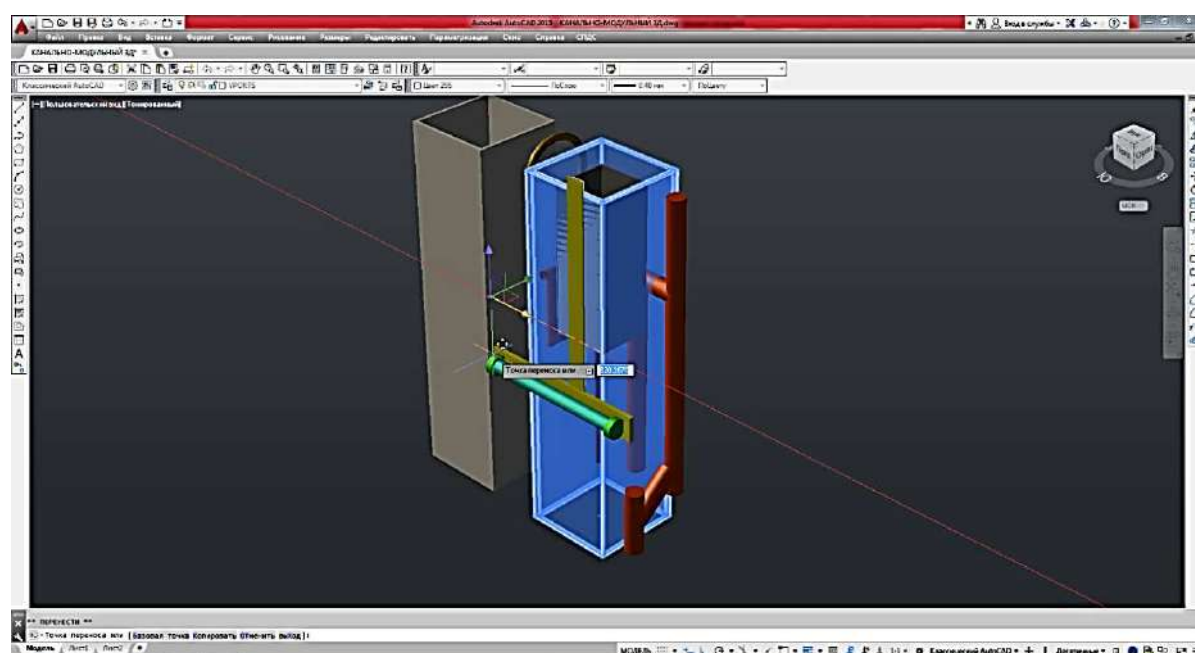


Рисунок 4 – Компонировка вторичного отстойника / Figure 4 – Layout of the secondary clarifier

Выводы. Разработана графическая модель процесса биологической очистки бытовых сточных вод в аэротенке-вытеснителе, а на ее основе выполнены проектный расчет малогабаритного биореактора и компоновка вторичного отстойника для индивидуальных жилых домов сельских территорий. На корпусе вторичного отстойника смонтированы каналный илоотделитель и аэрационные элементы. Биореактор обеспечивает низко нагружаемую биотехнологию очистки бытовых сточных вод при вы-

сокой степени деструкции биогенных веществ и незначительном образовании избыточного ила. Оптимальная конструкция модуля вторичного отстойника довольно легко монтируется в существующий септик, создавая локальное очистное сооружение жилого дома. Таким образом, применение биореактора позволит повысить благополучие сельского населения, предотвратить загрязнение грунтовых вод и малых рек бытовыми сточными водами, использовать осветленную воду для полива газона, древесно-кустарниковых и других растений.

Библиографический список

1. Ахунов Д. В., Машрапов Б. О. Разработка локальных систем очистки бытовых сточных вод малой мощности в Узбекистане // Молодой ученый. 2021. №2 (344). С. 32-37. <https://moluch.ru/archive/344/77343/>
2. Канализация малых населенных пунктов / N. N. Hirol, S. B. Protsenko, D. Kowalski [et al.]. 2014.
3. Курочкин Е. Ю. Локальные канализационные очистные сооружения для коттеджной застройки // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3 № 4. С. 51-56.
4. Математическое моделирование процессов очистки сточных вод в аэротенках / С. Ю. Андреев, Б. М. Гришин, В. Г. Камбург [и др.] // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 2. С. 114-120.
5. Новикова О. К., Невзорова А. Б. Системы канализации малых населенных пунктов: текущая ситуация и проблемные аспекты // Трубы БГТУ. 2020. № 2 (серия 2). С. 183-188.
6. Оценка работоспособности малогабаритных станций биологической очистки коммунальных стоков при переменных нагрузках / А. Е. Новиков, П. С. Васильев, Е. А. Дугин, М. И. Филимонов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 344-355.
7. Теоретические основы расчета сооружений биологической очистки сточных вод / С. Ю. Андреев, Б. М. Гришин, А. М. Исаева [и др.] // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2012. Т. 2. С. 281-283.
8. Application of Wastewater in the Frame of Circular Economy; Irrigation of Agricultural Lands / R. Kendrovics [et al.] // Acta Mechanica Slovaca. 2018. V. 22 (3). P. 54-62.
9. Effect of Treated and Untreated Domestic Sewage Water Irrigation on Tomato Plants / Jobi Xavier [et al.] // Asian Journal of Plant Sciences. 2020. V. 19 (3). P. 252-260.
10. Modeling a biological wastewater treatment system / A. E. Novikov, M. I. Filimonov, A. B. Golovanchikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd State Agricultural University, 2020. P. 7.
11. Vasilyev S., Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // Journal of Ecological Engineering. 2018. Vol. 19 (1). P. 48-54.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9), доктор технических наук. E-mail: novikov-ae@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8051-4786

Филимонов Максим Игоревич, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9), старший преподаватель кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств», Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28) E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670

Дугин Евгений Александрович, аспирант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9) E-mail: dugin-evg@mail.ru ORCID: 0000-0002-2019-3028

TECHNOGENIC OPTIMIZATION OF SURFACE RUNOFF IN IRRIGATED AGRICULTURE

S. Y. Semenenko

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 22.03.2022

Submitted 13.05.2022

Summary

The variants of the negative impact of irrigation by sprinkling on the formation of surface runoff on erosion-hazardous slopes during the cultivation of row crops of corn are considered, the optimal combination of man-made impacts that contribute to minimizing soil fertility losses is recommended.

Abstract

Introduction. Intensification processes in agricultural production have a significant negative impact on land fertility, especially when irrigating row crops on sloping lands. Irrigation water losses can be up to 60% of the irrigation norm, which entails the flushing of the humus horizon, the restoration of which is complicated by the high cost and duration of the process. **Object.** The object of the study is a liquid runoff formed by the interaction of man-made hydro-reclamation and agrotechnical impacts on the soil. **Materials and methods.** In the course of the research, general scientific methods of experiment planning, analysis, synthesis, field and laboratory experience, as well as methods of mathematical and statistical processing were used. **Results and conclusions.** Numerical values of the volume of liquid runoff formed during the interaction of water regime technologies and technologies of anti-erosion tillage on critical slopes ($i = 0.015$) when growing a row crop of corn in a subzone of light chestnut soils are obtained. It is recommended to use differentiated moistening of the soil layer depending on the development of the root system with maintaining its humidity at least 75% HB against the background of the use of 60 t/ha of semi-ripened manure, operational planning and mowing, the combined use of which provides a normative volume of runoff of 10-11% of the anthropogenic water load.

Keywords: *technogenic impact, anti-erosion techniques, liquid runoff, adaptation, differentiated watering*

Citation. Semenenko S.Y. Technogenic optimization of surface runoff in irrigated agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 378-396 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-48.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interest.

УДК 631.6.02

ТЕХНОГЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

С. Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 22.03.2022

Дата принятия к печати 13.05.2022

Аннотация. Рассмотрены варианты негативного воздействия орошения дождеванием на формирование поверхностного стока на эрозионно-опасных уклонах при выращивании пропашной культуры кукурузы, рекомендовано оптимальное сочетание техногенных воздействий, способствующих минимизации потерь почвенного плодородия.

Актуальность. Интенсификационные процессы в сельскохозяйственном производстве оказывают значительное негативное влияние на плодородие земель, особенно это ощутимо при орошении пропашных культур на склоновых землях. Потери поливной воды могут составлять

до 60% от оросительной нормы, что влечёт за собой смыв гумусированного горизонта, восстановление которого затруднено высокой стоимостью и длительностью процесса. **Объект.** Объектом исследования является жидкий сток, образующийся при взаимодействии техногенных гидромелиоративных и агротехнических воздействий на почву. **Материалы и методы.** В процессе исследования применялись общенаучные методы планирования эксперимента, анализа, синтеза, полевого и лабораторного опыта, а также методы математической и статистической обработки. **Результаты и выводы.** Получены численные значения объёма формирующегося жидкого стока при взаимодействии технологий водного режима и технологий противоэрозионной обработки почвы на критических уклонах ($i = 0,015$) при выращивании пропашной культуры кукурузы в подзоне светло-каштановых почв. Рекомендовано применение дифференцированного увлажнения слоя почвы в зависимости от развития корневой системы с поддержанием её влажности не ниже 75 % НВ на фоне применения 60 т/га полуперепревшего навоза, эксплуатационной планировки и кротования, совместное применение которых обеспечивает нормативный объём стока в 10-11 % от техногенной водной нагрузки.

Ключевые слова: техногенное воздействие, противоэрозионные приёмы, жидкий сток, дифференцированные поливы.

Цитирование. Семененко С. Я. Техногенная оптимизация поверхностного стока в орошаемом земледелии. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 378-396. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-48.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Плодородие орошаемых земель находится под суммарным воздействием природных и антропогенных условий, что негативно сказывается на всех типах почв [1, 2, 5, 6].

Кроме ярко выраженных антропогенных факторов – вовлечение в сельхозпроизводство земель с уклонами более 5^0 , переуплотнение почв, преобладание в севооборотах пропашных культур и расположение их на склоновых землях, сокращение площадей под многолетними травами – существуют и менее заметные, но также важные деградационные процессы, обусловленные географическим местоположением, территориальной дифференциацией и специализацией ирригационного землепользования [9, 11-14].

Борьба с негативными процессами на орошаемых угодьях повысит их устойчивость к воздействию экстремальных природных факторов и тем самым активизирует их востребованность. Разработанная в России «Стратегия...» мелиоративных мероприятий направлена на ослабление негативных свойств и процессов в агроэкосистемах [8].

При разработке зональной системы орошаемого земледелия главным критерием её полноценности служит достижение экологического равновесия, т.е. такого состояния природной среды, когда возможны ее саморегуляция, стабилизация и воспроизводство основных природных компонентов, и главным образом почвенного плодородия.

Учитывая это и в первую очередь возможные негативные последствия орошения, необходимо в системе орошаемого земледелия разрабатывать приёмы техногенной оптимизации гидромелиоративных технологий и агротехнических противоэрозионных приёмов.

Сущность техногенной оптимизации заключается в подборе и адаптации технических средств и их характеристик, в том числе энергетических, с целью минимизации их негативного воздействия на водно-физические и агрохимические свойства почвы, ухудшение показателей которых приводит к потере почвенного плодородия вследствие изменения (ухудшения) условий почвообразования (смыв растительного слоя) и переформирования агроирригационного рельефа (плоскостная и струйчатая эрозия).

Техногенное агротехнологическое воздействие на почву орошаемых земель можно разделить на следующие подтипы:

- техническое, основанное на воздействии сельскохозяйственной техники при основном и специальных приёмах обработки почвы;
- химическое, основанное на негативном воздействии применяемых минеральных и органических удобрений, средств защиты растений, стимуляторов роста и др.;
- гидромелиоративное, основанное на воздействии специфики способа полива, техники полива и её энергетических характеристик, водной нагрузки на орошаемые земли, экологически допустимым жидким и твёрдым стоком, качеством оросительной воды, особенно при орошении сточными водами.

Интенсификация сельскохозяйственного производства на основе широкого развития орошения, освоение для этого земель со склоновым рельефом обусловили актуальность проблемы борьбы с причиной ирригационной эрозии – стоком поливной воды.

Усугубляется данная проблема и отсутствием научно обоснованных рациональных мероприятий, направленных на повышение водовпитывающей и «водовмещающей» способности почвы, что инициирует образование поверхностного стока уже при выдаче поливной нормы 100...250 м³/га, а общая величина стока может достигать 10...40 % и более от поливной нормы (Кружилин И. П., 1996; Кузнецова Н. В., 2004; Флоринский О. С., 1999).

«Водовмещающая» способность почвы, в отличие от водовпитывающей, основанной на водно-физических свойствах, создаётся посредством искусственного формирования пустот в почве специальными почвообрабатывающими орудиями, такими как щелеватели, кротователи, кроме того, её можно увеличить применением различного рода мелиорантов.

Дождевальные машины для искусственного орошения и условиях их применения создаются и определяются человеком, поэтому многие факторы, влияющие на эрозию, могут им же и регулироваться.

Основными регулируемыми и частично регулируемыми являются: уклон (использование массивов с ирригационно-допустимыми уклонами или искусственное их создание); геометрические размеры и форма полей (уменьшение длины поливного участка в направлении максимального уклона); технические и энергетические характеристики техники полива; водопроницаемость, влагоёмкость и водовместимость почв (использование агротехнических приемов); противоэрозионная стойкость почв (вынесение органических удобрений, повышающих связность частиц почвы, правильная агротехника); растительный покров (использование культур сплошного сева, многолетних трав, увеличение проективного покрытия) и др.

Управляя данными процессами, можем полностью избавиться от потерь оросительной воды на сток или снизить его до рекомендуемых 10...11 % от поливной нормы для светло-каштановых почв. Этого можно добиться даже при выращивании пропашной культуры кукурузы, являющейся согласно классификации «сильно способствующей развитию эрозии», на что указывает Ю. П. Поляков (1996, 1997).

Академик Егоров В. В. (1988 г.) отмечал, что «... на большей части земель Поволжья не было проведено опытов и нет теоретического обоснования вопросов влияния орошения на почвы и применение необходимых предупредительных мероприятий для сохранения их плодородия».

Следует отметить, что анализ результатов ранее проведённых исследований и рекомендации авторов различаются в зависимости от географического положения объекта исследований, что указывает на необходимость учёта не столько региональных условий, сколько условий конкретного орошаемого поля.

Минимальная экологическая задача, стоящая перед гидромелиорацией, – сохранение почвенного плодородия и/или доведение объёма твёрдого стока до значений, не превышающих скорость почвообразования [4].

При спокойных, не эрозионно-опасных топографических условиях задача выполнима, в условиях повышенных уклонов орошаемых полей, её исполнение крайне затруднено, учитывая, что 48,2 % мелиорированных земель Волгоградской области располагаются в эрозионно-опасных условиях, а 21,6 % – в условиях повышенной эрозионной опасности.

Цель исследований. Поиск технологий техногенной оптимизации жидкого стока в целях сохранения и восстановления плодородия орошаемых земель посредством вариации технического и гидромелиоративного воздействия.

Материалы и методы. Методология исследования заключается в использовании общенаучных методов обобщения и анализа, общепринятых методик полевых исследований, современных технологий статистической обработки и визуализации данных [3, 7].

Полевой эксперимент по отработке вариантов минимизации техногенного воздействия на поверхностный сток в условиях критических эрозионно-опасных уклонов ($i = 0,015$) при выращивании кукурузы на орошении ДМ «Фрегат», проводился в двухфакторном опыте:

- фактор А – гидромелиоративные технологии – проведение «монополивов» при снижении предполивной влажности почвы не ниже 65 % НВ (А0), не ниже 75 % НВ (А1), не ниже 85 % НВ (А2) и проведение дифференцированных поливов – дифференциация увлажняемого слоя почвы в зависимости от глубины развития корневой системы с поддержанием влажности не ниже 75 % НВ (А3 ДС), и дифференцированное увлажнение расчётного (0,7 м) слоя почвы не ниже 75 – 85 – 75 % НВ в зависимости от водопотребления по фазам развития растений (А4 ДВ);

- фактор В – агротехнологии – В0 – контроль, В1 – внесение 60 т/га полуперепревшего навоза + NPK (далее фон); В2 – фон + эксплуатационная планировка, В3 – фон + кротование почв, В4 – фон + эксплуатационная планировка + кротование.

Рабочая гипотеза. Сток поливной воды, влекущий за собой смыв почвы с орошаемых земель, влияющий не только на уменьшение почвенного плодородия, но и на заиление и загрязнение водоемов, загрязнение продуктами смыва сопрягающих территорий и динамику грунтовых вод, поддаётся контролю и управлению.

Результаты и обсуждение. Объём поверхностного стока, как отмечается многими исследованиями, имеет устойчивую тенденцию к увеличению уклона орошаемого поля, однако пропорциональность в зависимости не установлена.

Это связано с тем, что высокая волатильность стока основана также на её зависимости от таких факторов, как водно-физические и агрохимические свойства почвы, выращиваемая культура, водный режим, поливная норма, интенсивность дождя и его энергетические характеристики, дождевальная техника и многие другие.

Некоторые авторы рекомендуют возможным применение даже уклонов до 0,03...0,05 (Флоринский О. С., 1999), хотя эти исследования были направлены на определение поливной нормы и потому не учитывались потери почв верхнего плодородного слоя и питательных веществ в них.

Существенное влияние на сток оказывает и интенсивность использования мелиорируемых земель, которые от высокой антропогенной нагрузки могут быть безвозвратно потеряны [10].

При равенстве топографических, агрохимических и водно-физических свойств почвы основным фактором, влияющим на объём стока, является поливная норма, при уменьшении которой с 800 м³/га до 200 м³/га поверхностный сток уменьшается с 129,9 м³/га до 9,5 м³/га, согласно исследованиям Г. М. Крыльчука (1992).

Проведённые исследования в подзоне светло-каштановых почв Октябрьского района Волгоградской области по изучению возможности управления поверхностным стоком посредством изменения техногенного воздействия гидромелиоративной направленности и агротехнических противоэрозионных приёмов позволили получить количественные его значения и определить эффективность взаимодействия факторов, представленных в таблице 1.

Прежде чем анализировать результаты в таблице, необходимо отметить гидро-термические условия вегетационного периода – осреднённый гидротермический коэффициент (ГТК Селянинова) в среднем за 4 года составил 0,7, т.е. климат характеризовался как «засушливый».

Таблица 1 – Эффективность сочетания факторов техногенных воздействий на поверхностный сток, м³/га

Table 1 – Efficiency of combination of factors of technogenic impacts on surface runoff, m³/ha

Технологии увлажнения, оросительная норма, м ³ /га / Humidification technologies, irrigation rate, m ³ /ha	Период Period	Агротехнические противоэрозионные приёмы / Agrotechnical anti-erosion techniques				
		B0	B1	B2	B3	B4
A0	За полив / For watering	297	231	221	243	166
	За сезон / Per season	1186	926	731	754	567
A1	За полив / For watering	82	62	37	54	30
	За сезон / Per season	908	680	404	599	335
A2	За полив / For watering	31	28	17	19	13
	За сезон / Per season	749	681	410	443	322
A3	За полив / For watering	45	37	24	30	15
	За сезон / Per season	538	442	282	360	180
A4	За полив / For watering	49	37	25	31	18
	За сезон / Per season	836	623	427	518	306

НСР₀₅, (за полив) м³/га, ДМ Фрегат: для частных средних 18, фактор А =10; фактор В=12

Размер поливных норм, зависящих от предполивной влажности почвы, составляли следующие значения по вариантам опыта: А0 – 700, А1 – 500, А2 – 300, А3 – 360...500, А4 – 500...300...500 м³/га.

Средняя кратность полива по вариантам составила соответственно 3,3, 3,7, 8, 3,7, 5,7, а оросительная норма – 2310, 1850, 2400. 1700, 2233 м³/га.

Данные исследований, подтверждая общую тенденцию результатов исследований других авторов, указывают на значительное влияние размера поливной нормы на потери оросительной воды. Уменьшение её с 700 до 300 м³/га (А0 – А2) при В0 повлекло уменьшение стока с 297 до 31 м³/га за один полив, а суммарный сток за поливной сезон уменьшился с 1186 до 749 м³/га.

Противоэрозионные приёмы, изучаемые в опыте, а именно их сочетание в факторе В4, позволили получить наименьший объём стока за один полив – 13 м³/га, однако максимальное количество поливов на данном варианте влажности – 8, привело к потере 322 м³/га. Эффективность дифференцированных поливов, в плане борьбы с поверхностным стоком, зависит от вида дифференциации. По абсолютным значениям стока за один полив наилучшие показатели имеет вариант с дифференциацией увлажняемого слоя почвы – 15 м³/га против 18 м³/га при дифференциации влажности почвы, а за сезон сток составил соответственно 108 и 306 м³/га.

Сравнивая классический «моно» полив на варианте А2В4 с поливной нормой 300 м³/га, имеющий минимальные потери за один полив, но теряющий за сезон 322 м³/га, с дифференцированным А3В4, отмечаем, что эффективность последнего значительно выше.

Нормативной литературой рекомендуется проведение анализа стока в процентах от поданного объёма воды на поле, что представлено в таблице 2 и на рисунке 1.

Результаты исследований показывают, что применение различных агротехнических приёмов, обладающих противоэрозионным эффектом в сочетании с технологиями орошения, позволяют значительно уменьшить потери поливной воды при орошении кукурузы даже при критическом уклоне 0,015, однако их степень воздействия на сток различна.

Внесение органоминеральных удобрений, способствующих уменьшению плотности почвы и увеличению вегетативной массы кукурузы уменьшило сток более чем на 11 % по сравнению с вариантом В0. Раздельное использование эксплуатационной планировки и кротования почв на фоне внесения 60 т/га полуперепревшего навоза (В1 – В2 и В1 – В3) показывают примерно пропорциональное влияние, однако планировка на более чем 4,3 % имеет показатели стока меньше.

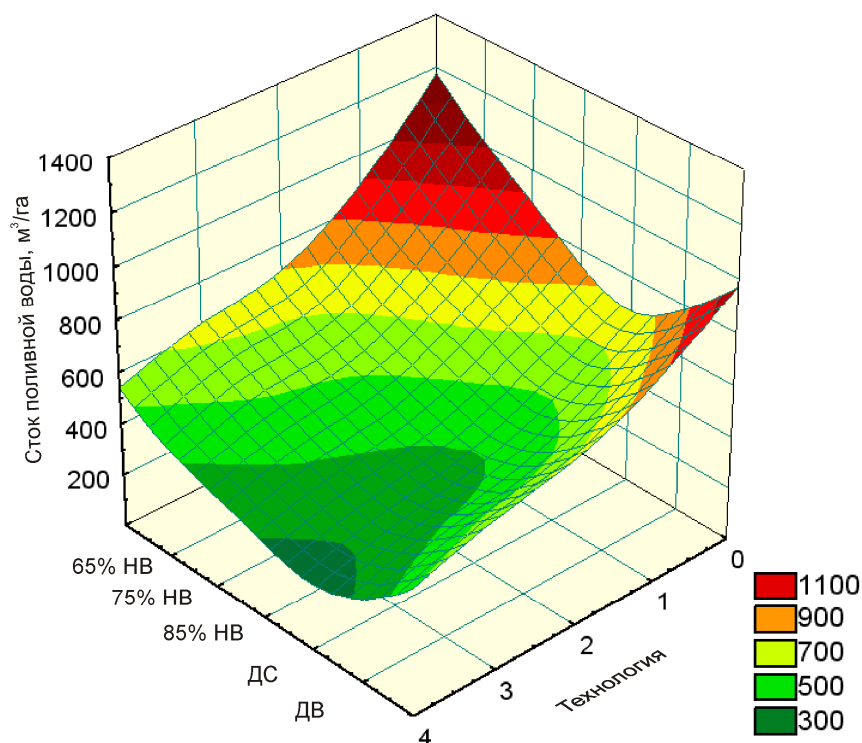


Рисунок 1 – Поверхность отклика объёма стока на изменение техногенных воздействий

Figure 1 – The surface of the response of the flow volume to changes in man-made impacts

Использование комплексной технологии В4 на всех вариантах воздействия гидромелиоративных технологий А является доказательно значимым. Указанная технология на варианте А0 уменьшила сток по сравнению с В0 на 26,79 %, с А1 – на 30,10 %, с А2 – на 17,79 %, с А3 – на 21,10 %, с А4 – на 23,74 %.

Таблица 2 – Потери воды (% от оросительной нормы)
и значимость взаимодействия факторов, %

Table 2 – Water losses (% of irrigation norm) and the significance of the interaction of factors, %

Вариант опыта / Experience options	B0	B1	B2	B3	B4	Среднее изменение фактора А / Average change in factor A	Средняя значимость фактора А в опыте / Average significance of the factor A in the experience
A0	51,34	40,10	31,65	32,64	24,55	26,79	24,06
A1	49,10	36,76	21,84	32,38	18,11	30,87	
A2	31,21	28,38	17,11	18,46	13,42	17,78	
A3	31,65	26,00	16,59	21,18	10,56	21,09	
A4	37,44	27,90	19,12	23,20	13,70	23,74	
Среднее изменение фактора В The average change of the factor B	20,13	14,10	15,06	11,46	13,99		
Средняя значимость фактора В в опыте Average significance of factor B in the experience	14,95						

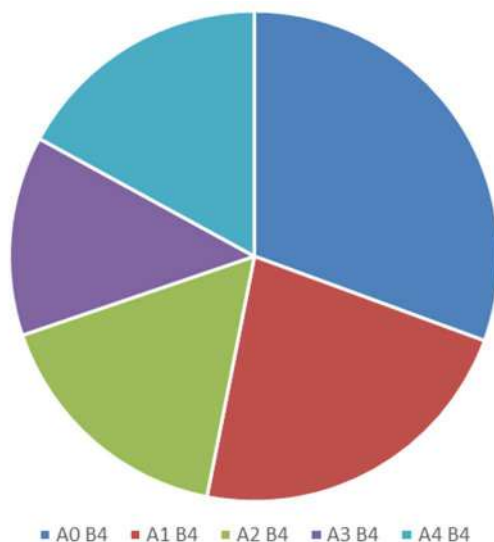


Рисунок 2 – Визуализация эффективности наиболее значимого сочетания (А3В4) гидромелиоративных и агротехнических воздействий

Figure 2 – Visualization of the effectiveness of the most significant combination (A3 B4) of hydro-reclamation and agrotechnical impacts

Анализируя классический «моно» режим орошения (А0, А1, А2), отмечаем эффективность минимализации поливной нормы на всех вариантах агротехнологий. Это значит, что в условиях критических уклонов целесообразно (вполне возможно при от-

сутствии технических средств на планировку и кротование)) проводить поливы нормой 300 м³/га, при котором время полива минимально, что особенно важно при первых поливах, когда орошаемое поле имеет большую степень оголенности.

Самым эффективным вариантом увлажнения, с точки зрения потерь воды, становится полив с дифференцированным увлажнением слоя почвы, на котором первые поливы проводятся нормой 360 м³/га, а в дальнейшем увеличиваются до 500 м³/га при уже развитой листовой поверхности, которая в сочетании с применением комплексной агротехники В4 обеспечивает допустимый объем потерь – 10-11 %.

Каждая из изученных технологий обладает определённым положительным воздействием, однако их значимость не однозначна. Волатильность технологий фактора А в среднем составляет 24,06 %, а технологий фактора В – 14,95 %. Это указывает на то, что при проведении техногенной оптимизации при выращивании сельскохозяйственных культур в системе орошаемого земледелия на эрозионно-опасных уклонах, наибольшее внимание необходимо сосредотачивать на гидромелиоративных технологиях.

Выводы. Использование орошения на критических уклонах приводит к значительным потерям оросительной воды – до 40-50 %, что влечёт за собой смыв плодородного слоя почвы и деструктивные процессы в орошаемом земледелии. Результаты проведённых исследований указывают на возможность применения эрозионно-опасных уклонов для выращивания пропашной культуры кукурузы при поливе ДМ «Фрегат» с использованием технологии дифференциации увлажняемого слоя в зависимости от развития корневой системы с поддержанием предполивной влажности в указанном слое не менее 75 % НВ на фоне внесения 60 т/га полуперепревшего навоза, расчётной дозы НРК с предварительной эксплуатационной планировкой и кротованием.

Техногенную оптимизацию в орошаемом земледелии как вариант адаптации приёмов и технологий, необходимо проводить для условий конкретного поля, способа и техники полива, выращиваемой культуры, что предопределил сохранение и восстановление плодородия орошаемых земель.

Библиографический список

1. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Факторы, усиливающие отрицательное воздействие длительного орошения на свойства чернозема обыкновенного // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4 (40). С. 1–22. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1156>.
2. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Изменение свойств почв комплексного покрова полупустынной зоны под влиянием орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1 (37). С. 105–121. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=646&id=653>.
3. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Анализ использования дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4 (40). С. 182–204. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1166>.
4. Глобальный климат и почвенный покров. Национальный доклад / Р. С. Х. Эдельгириев, А. Л. Иванов [и др.]. Москва, 2021. Том 3.
5. Макарычев С. В. Орошение черноземов колючей степи Алтайского края дождеванием и его последствия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 3(173). С. 65-71.
6. Мальцева К. А., Ермолаев О. П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской части России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512.
7. Манжина С. А., Домашенко Ю. Е., Комарова Е. В. К вопросу планирования эксперимента при проведении натурных исследований поверхностного стока с сельскохозяйственных полей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4 (40). С. 39–57. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1158>.

8. Ольгаренко Г. В., Васильев С. М., Балакай Г. Т. Концепция государственной программы «Восстановление и развитие мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2020–2030 годов»: монография. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 128 с.

9. Орлова И. В. Экологически уязвимые места ирригационного землепользования Западной Сибири // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 4. С. 103–121. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1240>.

10. Семененко С. Я., Минченко Л. А. Агротехнологические мероприятия сохранения и восстановления плодородия орошаемых земель // Инновационные технологии мелиорации водного и лесного хозяйства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Новочеркасск: Лик. 2021. Вып. 19. С. 32–37.

11. Фетюхин И. В., Черненко В. В. Факторы развития, моделирование и прогнозирование эрозии почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. №1. С. 11–13.

12. Яковлева Е. П. Негативные свойства агроэкосистем юга европейской части России и стратегия мелиоративных мероприятий // Труды кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 60. С. 345–349.

13. Browning T. N., Sawyer D. E. Vulnerability to watershed erosion and coastal deposition in the tropics // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. Iss. 1. 11 p.

14. Effects of vegetation and climate on the changes of soil erosion in the Loess Plateau of China / F. Jin, W. Yang, J. Fu, Z. Li // Science of the Total Environment. 2021. 773. 145514. 12 p.

Информация об авторе.

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ВНИИОЗ (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>, E-mail: sergeysemenenko@list.ru, 8 961 068 52 07

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-49

DETERMINATION OF THE OPTIMAL TRANSPORT SPEED OF A LOADED TRACTOR TRAILER 2PTS-4

I. A. Uspensky¹, I. A. Yukhin¹, A. V. Machnev², V. A. Eviev³,
S. D. Fomin⁴, A. A. Golikov¹

¹Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan

²Moscow State University of Food Production, Moscow

³Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista

⁴Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 20.03.2022

Submitted 25.05.2022

The research was carried out within the framework of the project "Improvement of technologies, means of mechanization, electrification and technical service in agricultural production. Prospects for the development of rural areas", section 1.1. "Improving the efficiency of mobile equipment operation through the development of new designs and improving methods of maintaining its technical condition" (subsection 1.1.5. "Improving the operational performance of transport and technological machines during on-farm transportation of agricultural products in the agro-industrial complex") of the R&D plan of the Federal State Educational Institution of Higher Education for 2021–2025.

Summary

This scientific article is devoted to the issue of injury to easily damaged agricultural products during transportation by tractor dump trailers, in particular 2 PTS-4. A theoretical dependence is constructed that characterizes the relationship between the contact voltage and the speed of interaction of tubers when performing oscillatory movements caused by the movement of a loaded trailer over the roughness of the road surface. Appropriate road tests were carried out in order to identify the permissible values of the load oscillation rates in the vehicle body when driving on roads of various types.

Abstract

Introduction. When performing harvesting operations, an important stage is the removal of freshly harvested potatoes from the field. With the irrational organization of this process, tubers receive mechanical damage (especially damage to the pulp of the fruit) in an amount exceeding the same indicator for potato harvesters. Failure to comply with the speed limit of a loaded vehicle can significantly aggravate the situation. Therefore, studies of the process of harvesting from the field are an urgent scientific and technical task. **Object.** Potatoes of the Nevsky variety. Dump tractor trailer 2PTS-4. **Materials and methods.** To register the vibration velocity of the load vibrations in the body of a tractor trailer during road tests, a vibrometer Vibrotest-MG4.01 with a speed sensor was used. The obtained data were processed by methods of mathematical statistics. **Results and conclusion.** During the road tests, the results of theoretical studies were confirmed. The recommended values of the speed of movement of the dump tractor trailer 2PTS-4 on roads with different surfaces have been obtained. Thus, at 20 km /h, high-quality transportation of agricultural cargo is provided with an acceptable level of injury to potato tubers on paved roads of proper condition. When driving on unpaved roads, the recommended transport speed should not exceed 12-15 km/h.

Key words: damage, tuber, vehicle, dump truck, speed.

Citation. Uspensky I.A., Yukhin I.A., Machnev A.V., Eviev V.A., Fomin S.D., Golikov A.A. Determination of the optimal transport speed of a loaded tractor trailer 2PTS-4. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 396-404 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-49.

Author's contribution. The authors of this study collected the material, analyzed the data and wrote a manuscript.

Conflict of interest. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 629.35

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СКОРОСТИ ГРУЖЕНОГО ТРАКТОРНОГО ПРИЦЕПА 2ПТС-4

И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор

И. А. Юхин¹, доктор технических наук, доцент

А. В. Мачнев², доктор технических наук, профессор

В. А. Эвиев³, доктор технических наук, профессор

С. Д. Фомин⁴, доктор технических наук, доцент

А. А. Голиков¹, кандидат технических наук

¹Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева, г. Рязань

²Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва

³Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста

⁴Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Исследования проведены в рамках выполнения проекта «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий», раздел 1.1. «Повышение эффективности эксплуатации мобильной техники за счет разработки новых конструкций и совершенствования методов поддержания её технического состояния» (подраздел 1.1.5. «Повышение эксплуатационных показателей транспортных и технологических машин при внутрихозяйственных перевозках сельскохозяйственной продукции в агропромышленном комплексе») плана НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 гг.

Актуальность. При выполнении уборочных работ немаловажным этапом является вывоз свежесобранного картофеля с поля. При нерациональной организации данного процесса клубни получают механические повреждения (особенно повреждения мякоти плода) в объеме, превышающем аналогичный показатель у картофелеуборочных машин. Несоблюдение ско-

ростного режима груженым ТС может существенно усугубить ситуацию, поэтому исследования процесса вывоза урожая с поля являются актуальной научно-технической задачей. **Объект.** Картофель сорта «Невский». Самосвальный тракторный прицеп 2ПТС-4. **Материалы и методы.** Для регистрации виброскорости колебаний груза в кузове тракторного прицепа при дорожных испытаниях использовали виброметр Вибротест-МГ4.01 с датчиком скорости. Полученные данные были обработаны методами математической статистики. **Результаты и выводы.** В ходе дорожных испытаний были подтверждены результаты теоретических исследований. Получены рекомендуемые значения скорости движения самосвального тракторного прицепа 2ПТС-4 по дорогам с различным покрытием. Так, при 20 км/ч обеспечивается качественная перевозка сельскохозяйственного груза с допустимым уровнем травмирования клубней картофеля по асфальтированным дорогам надлежащего состояния. При движении по грунтовым дорогам рекомендуемая транспортная скорость не должна превышать 12 – 15 км/ч.

Ключевые слова: повреждения, клубень, транспортное средство, самосвальный кузов, скорость.

Цитирование. Успенский И.А., Юхин И.А., Мачнев А.В., Эвиев В.А., Фомин С.Д., Голиков А.А. Определение оптимальной транспортной скорости груженого тракторного прицепа 2ПТС-4. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 396-404. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-49.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Процесс возделывания сельскохозяйственных культур весьма сложен и включает большое количество различных операций. При этом практически для каждой из них требуется выполнение сопутствующих работ – транспортных [13, 1]. Так, к примеру, при посадке либо посеве сельскохозяйственных культур необходимо доставить на поле семена, при обработке – пестициды и удобрения, при уборке – вывоз с поля продукции. Перевозка сельскохозяйственных грузов в РФ осуществляется следующими способами (таблица 1).

Таблица 1 – Структура способов перевозки сельскохозяйственных грузов в РФ

Table 1 – Структура способов перевозки сельскохозяйственных грузов в РФ

Способ перевозки / Method of transportation	Ко всему объему перевозок, % To the entire volume of traffic, %
Навалом или насыпью / In bulk or in bulk	76
В различной таре, пакетами, кипами, тюками / In various containers, packages, bales, bales	14
Мелкими партиями (масса единовременной отправки до 2 т) / In small batches (the mass of a one-time shipment is up to 2 tons)	4
Наливом в цистернах / In bulk in tanks	6

При перевозке легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции (в первую очередь, яблок, картофеля, томатов) особое внимание необходимо уделять вопросу ее повреждения. К основным причинам возникновения данного негативного явления можно отнести [14, 8, 4]:

- повреждения при загрузке продукции в транспортное средство или транспортную тару;
- повреждения продукции в процессе ее транспортировки;
- повреждения при выгрузке продукции из транспортного средства или транспортной тары.

В настоящее время весьма эффективно решаются проблемы предупреждения повреждений продукции в процессе ее загрузки или выгрузки из транспортного средства (тары), а именно применением специальных устройств – гасителей энергии падения, загрузочных и разгрузочных устройств.

С решением проблемы повреждения сельскохозяйственной продукции в процессе ее перевозки дела обстоят хуже. Весьма эффективным способом решения данной проблемы является внедрение в конструкцию транспортных средств стабилизирующих устройств. При этом внесение в конструкцию машины изменений требует сертификации данной процедуры. В результате чего затраты времени и средств на воплощение подобных модернизаций могут перекрывать получаемый от этого экономический эффект. Альтернативным способом решения описанной выше проблемы является использование демпфирующих материалов в кузове транспортного средства или транспортной тары.

Покрытие демпфирующим материалом дна кузова транспортного средства или транспортной тары позволит компенсировать динамическое воздействие на перевозимую сельскохозяйственную продукцию (вследствие колебаний кузова транспортного средства, передвигающегося по неровной поверхности дорог).

Результаты исследований показывают, что максимальные ускорения колебаний кузовов транспортных средств при движении по участкам с относительно ровной поверхностью (высота неровностей 1-3 см при длине около 3 м) составляют в среднем 0,25 g. Были проведены исследования колебаний грузовых транспортных средств при их движении по дорогам с различным покрытием (рисунки 1, 2) [5].

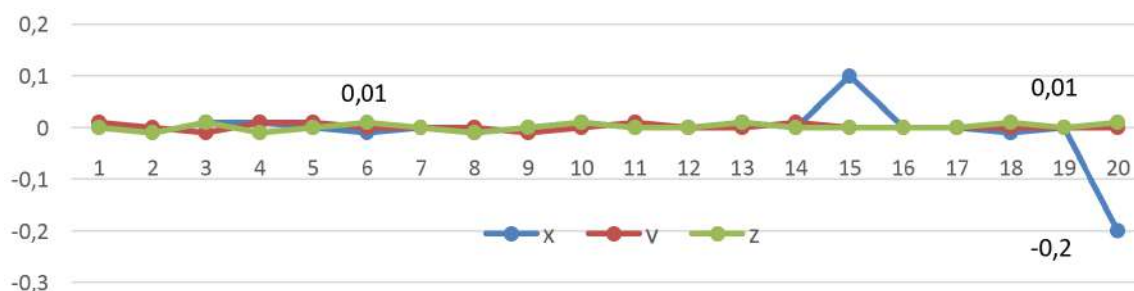


Рисунок 1 – Значения ускорений по осям x,y,z для асфальтированной дороги

Figure 1 – Acceleration values along the x,y,z axes for an asphalt road



Рисунок 2 – Значения ускорений по осям x,y,z для грунтовой дороги

Figure 2 – Acceleration values along the x,y,z axes for a dirt road

Как видно из представленных диаграмм (рисунки 1, 2), колебания кузова транспортного средства при его передвижении по относительно ровной поверхности дорог не приводят к существенному росту ускорений колебаний. Следовательно, в данных условиях не будет наблюдаться роста количества поврежденной продукции [5].

Наибольших значений ускорения достигают во всех трех плоскостях при переезде отдельных неровностей [10]. Так, при скорости движения 20 км/ч ускорения вертикальных колебаний достигали в среднем значений 35 м/с² при частоте колебаний около 2 Гц, поперечные – 14,4 м/с² при частоте 2,5 – 3 Гц. Продольные ускорения были ударного характера и лишь изредка превышали 10 м/с².

Поскольку при перевозках наблюдаются колебания с ускорениями больше 9,8 м/с², наряду с циклическими нагрузками статического характера, возникают и ударные [10].

При действии колебаний больше всего повреждаются плоды, находящиеся наверху насыпной массы. Затем идет нижний слой и, меньше всего повреждается второй снизу слой.

Проанализируем сущность процесса повреждения сельскохозяйственной продукции, перевозимой в самосвальных кузовах транспортных средств либо транспортной таре.

Объект исследования. В качестве объекта исследований был выбран картофель сорта «Невский». Его перевозка осуществлялась самосвальным тракторным прицепом 2ПТС-4 по грунтовым дорогам и с асфальтобетонным покрытием.

Материалы и методы. Для определения допустимых режимов выполнения транспортных работ проведены следующие теоретические исследования и дорожные испытания.

Допустимое контактное давление клубней друг на друга определяется по следующей формуле [6]:

$$p_{\max} = \left(40(k + 1)^3 \rho \cdot v^2 \left(\frac{E}{\pi} \right)^4 \right)^{\frac{1}{5}},$$

где ρ – плотность клубня, кг/м³; v – скорость центра масс клубня в момент удара, м/с; E – модуль упругости клубня, Па. k – коэффициент, учитывающий кривизну клубней.

Коэффициент k рассчитаем по следующей формуле [12]:

$$k = \frac{R_1}{R_2},$$

где R_1 – радиус падающего клубня, м; R_2 – радиус не свободного клубня, м.

Примем, что $R_1 = R_2$ и, следовательно, $k = 1$.

Допустимое контактное напряжение имеет следующую зависимость от $p_{\max}$:

$$\sigma_{\max} = 0,62 \cdot p_{\max}.$$

Следовательно, для предотвращения повреждений клубней необходимо соблюдение следующего условия:

$$\sigma_{\text{доп}} \geq 0,62 \cdot p_{\max} = 0,62 \cdot \left(40(k + 1)^3 \rho \cdot v^2 \left(\frac{E}{\pi} \right)^4 \right)^{\frac{1}{5}}.$$

В ходе лабораторных исследований установлено, что допустимое значение $\sigma_{\text{доп}}$ для свежесобранных клубней находится в пределах 0,5 – 0,55 МПа [7]. Превышение указанного значения величины ведет к полному либо частичному их разрушению.

Стоит отметить, что при внутрихозяйственных перевозках клубни картофеля испытывают не единичные удары, а серию аналогичных воздействий, распределенных во времени (на протяжении маршрута следования транспортного средства). Следова-

тельно, допустимое значение $\sigma_{\text{доп}}$ должно быть меньше в 5-8 раз [10], чем для единичного случая. Данное замечание будет учтено при построении графика зависимости допустимого контактного напряжения σ от скорости соударения клубней ϑ .

Для клубней картофеля, лежащих в самом нижнем слое, допустимое контактное давление клубней рассчитывается следующей формуле [6, 9]:

$$p_{\text{max}} = \left(40\rho \cdot \vartheta^2 \left(\frac{E^*}{\pi} \right)^4 \right)^{\frac{1}{5}},$$

где E^* - приведенный модуль упругости, Па.

Приведенный модуль упругости найдем по формуле:

$$E^* = \frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2},$$

где E_1 – модуль Юнга поверхности, на которую падает клубень, МПа; E_2 – модуль Юнга клубня, МПа.

Для предотвращения повреждений клубней в нижнем слое вороха, перевозимого в самосвальном кузове транспортного средства необходимо соблюдение следующего условия [9]:

$$\sigma_{\text{доп}} \geq 0,62 \cdot \left(40 \cdot \rho \cdot \vartheta^2 \left(\frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2} \right)^4 \right)^{\frac{1}{5}}.$$

Для получения в ходе дорожных испытаний данных (а именно виброскорости отдельных клубней в кузове транспортного средства) применялся виброметр Вибротест-МГ4.01 с датчиком скорости. Данное устройство позволяет определять параметры колебаний груза с погрешностью измерений менее 3 %.

Полученные в ходе дорожных испытаний данные были обработаны при помощи методов математической статистики.

Результаты и обсуждение. Воспользовавшись описанными выше неравенствами, построили теоретические графики зависимости допустимого контактного напряжения σ от скорости соударения клубней ϑ для самого нижнего и самого верхнего слоев вороха (рисунок 3).

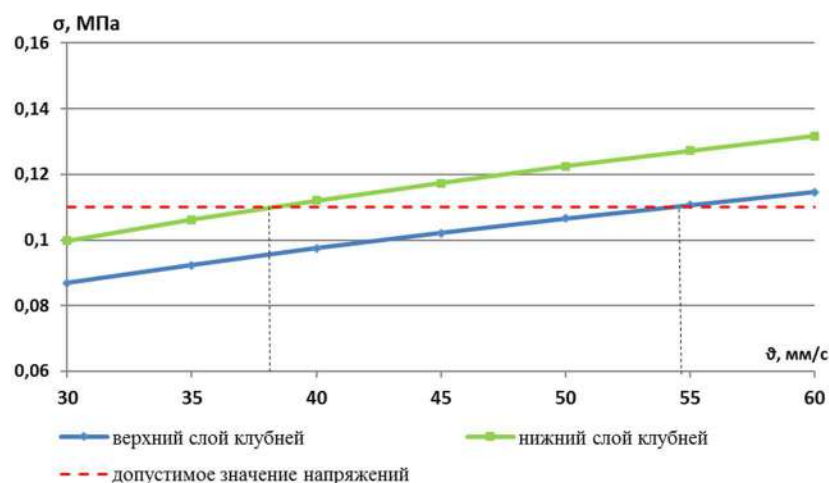


Рисунок 3 – График зависимости контактного напряжения σ от скорости соударения клубней ϑ

Figure 3 – Graph of the dependence of the contact voltage σ on the collision rate of tubers ϑ

Согласно данным, представленным на графике (рисунок 3), для нижнего слоя клубней допустимой скоростью соударения будет $\vartheta = 38$ мм/с, что значительно ниже, чем для верхнего слоя, где $\vartheta = 54,5$ мм/с.

При проведении дорожных испытаний объектом исследований выступал транспортный прицеп 2ПТС-4, загруженный свежесобраным картофелем сорта «Невский» [11]. Оценивался участок пути в 3 км (один километр грунтовой дороги и 2 километра дороги с асфальтовым покрытием). Показания виброскорости регистрировались и заносились в память запоминающего устройства (Вибротест-МГ4.01) [2, 3]. Результаты обработки данных приведены на диаграмме (рисунок 4).

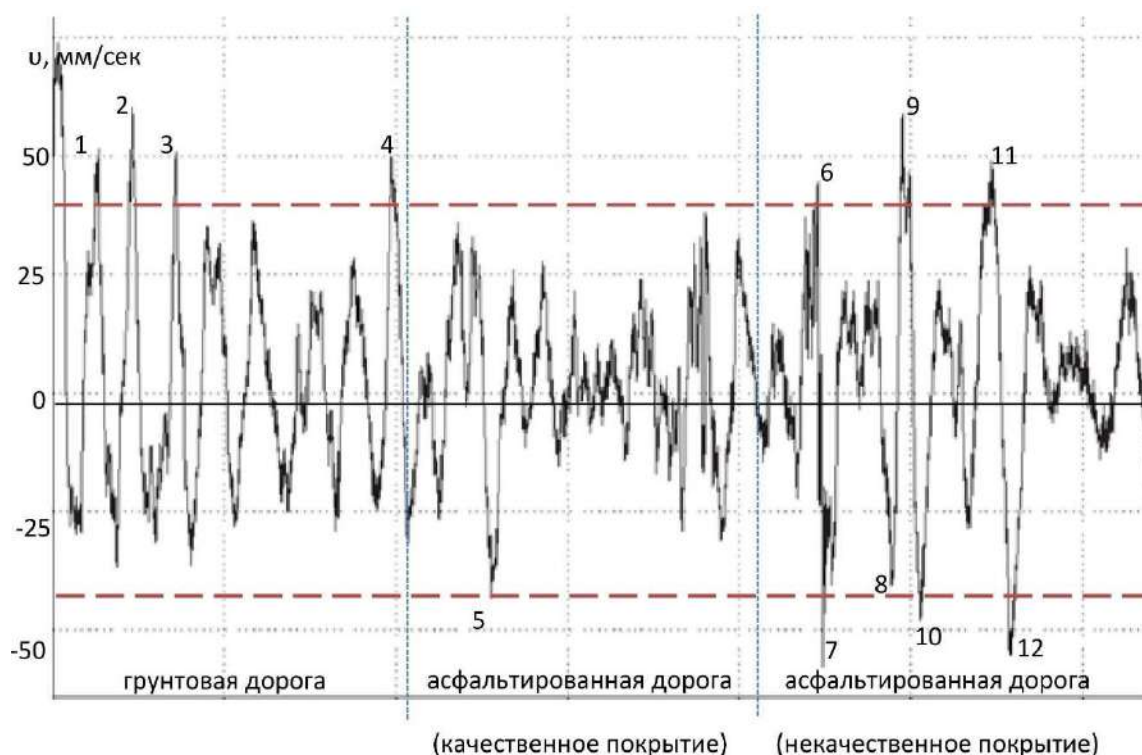


Рисунок 4 – Результаты измерения скорости колебания клубней картофеля в нижнем слое кузова транспортного средства (при движении груженого прицепа 2ПТС-4 на скорости движения 20 км/ч)

Figure 4 – The results of measuring the rate of oscillation of potato tubers in the lower layer of the vehicle body (when driving a loaded trailer 2 PTS-4 at a speed of 20 km/h)

Как видно из представленной диаграммы (рисунок 4), на первом участке (грунтовая дорога) имеются точки (1, 2, 3, 4), где виброскорость превышает линию ограничения (горизонтальная штриховая линия). Это обусловлено тем, что поверхность грунтовой дороги имеет значительные неровности.

На втором участке (асфальтированная дорога с качественным дорожным покрытием) (рисунок 4) превышение допустимого значения виброскорости не наблюдалось за исключением точки 5 (рисунок 4). В этом месте на дорожном полотне имелась глубокая выбоина.

На третьем участке (асфальтированная дорога с некачественным дорожным покрытием) (рисунок 4) имеется большое количество точек (6-12), где был превышен допустимый уровень виброскорости. Это вызвано в первую очередь большим количеством выбоин на дороге [3].

Выводы. Как видно из результатов теоретических исследований и дорожных испытаний очень актуальным является вопрос изучения допустимых режимов движения транспортных средств, задействованных для перевозки свежесобранного урожая картофеля.

Были получены данные, согласно которым рекомендуемая скорость движения груженого транспортного средства должна меняться в зависимости от качества дорожного покрытия. Рекомендуемое значение в 20 км/ч может способствовать качественной перевозке сельскохозяйственного груза лишь по асфальтированным дорогам в надлежащем состоянии. При движении тракторных прицепов 2ПТС-4 по грунтовым дорогам рекомендуемая скорость не должна превышать 12 – 15 км/ч.

Библиографический список

1. Большаков Н.А., Дидманидзе О.Н. Повышение эффективности сельскохозяйственных перевозок // Международный технико-экономический журнал. 2021. № 3. С. 104-111.
2. Верификация математической модели для расчета нагрузок в контакте колес автомобиля с неровной поверхностью дороги / В.В. Михайлов, И.В. Жук, А.В. Вербицкий, М.Г. Солодкая // Механика машин, механизмов и материалов. 2011. № 2 (15). С. 18-23.
3. Воздействие виброускорений на повреждаемость плодоовощной продукции при ее доставке потребителям автомобильным транспортом / В.А. Гудков, С.А. Ширяев, Е.В. Балакина, А.А. Раюшкина // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. 2004. № 3. С. 119-124.
4. Пискачев И.А. Факторы, влияющие на снижение сохранности качества картофеля при транспортировке // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. 2016. № 12-3 (119). С. 158-162.
5. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И.А. Успенский, И.А. Юхин, К.А. Жуков, Э.А. Зейналов, В.А. Шафоростов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 96. С. 360-372.
6. Саврасова Н.Р. Анализ контактного динамического взаимодействия клубня картофеля с поверхностью // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. №1(2). С. 493-498.
7. Саврасова Н.Р. Результаты экспериментального определения модуля упругости и предела прочности мякоти клубня картофеля // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2012. Т. 60. С. 80-82.
8. Снижение повреждений сельхозпродукции при транспортировке / А.А. Усольцев, А.А. Панова, И.А. Юхин, А.А. Голиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2021. Т. 13. № 3. С. 106-112.
9. Успенский И.А., Юхин И.А., Голиков А.А. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство // Техника и оборудование для села. 2019. № 10 (268). С. 26-29.
10. Успенский И.А., Юхин И.А., Жуков К.А. Перспективные устройства для повышения сохранности плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 95. С. 387-400.
11. Успенский И.А., Юхин И.А., Голиков А.А. Снижение травмирования корнеклубнеплодов при их перевозке самосвальным транспортным средством // Техника и оборудование для села. 2020. № 6 (276). С. 22-25.
12. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex. N.V. Byshov et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 341. 012145.
13. Increasing the Safety of Agricultural Products During Its Transportation and Unloading Byshov N.V. et al 2018 ACM International Conference Proceeding Series. P. 176-179.
14. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures / S N Borychev et al 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 965. 012048.

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор тел. 89036400593, e-mail: ivan.uspenskiy@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой «Автотракторная техника и теплоэнергетика» Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, доцент, тел. 89038344318, e-mail: yuival@rambler.ru

Мачнев Алексей Валентинович, профессор кафедры «Прикладная механика и инжиниринг технических систем» Московского государственного университета пищевых производств (РФ, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11), доктор технических наук, профессор, тел. 89374343711, e-mail: mav700@mail.ru

Эвиев Валерий Андреевич, профессор кафедры «Агроинженерия» Калмыцкого государственного университета имени Б.Б. Городовикова (РФ, 358000, Респ. Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11), доктор технических наук, профессор, тел. (84722) 4-10-05, e-mail: uni@kalmsu.ru

Фомин Сергей Денисович, профессор кафедры «Механика» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук, e-mail: fsd_58@mail.ru

Голиков Алексей Анатольевич, доцент кафедры технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), кандидат технических наук, тел. 89155988347, e-mail: golikov.rgatu@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-50

TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS FOR SIMPLIFICATED IMPROVEMENT OF FORAGE LANDS

O. A. Fedorova¹, A. Kh. Tekushev², M. E. Chaplygin², S. A. Davydova²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow*

Received 11.04.2022

Submitted 05.05.2022

Summary

The productivity of natural forage lands, which provide cheap and necessary coarse and green fodder, is extremely low. Their superficial improvement makes it possible to increase the collection of feed 2-3 times. The paper discusses the existing technologies and technical means for the simplified improvement of grasslands.

Abstract

Introduction. One of the strategic areas for the development of rational nature management in agriculture in Russia is the development of forage production. The Russian Federation has a huge territory that features favorable natural and climatic conditions for the successful growth and cultivation of a variety of forage crops. More than 75% of agricultural land of the Russian Federation are occupied by forage land: arable land produces 70% of feed and natural hayfields and pastures produce 30% of feed. The productivity of natural forage lands, which provide cheap and necessary coarse and green fodder, is extremely low and amounts to 7 to 13 hundredweight / ha of dry matter, which is associated with the unsatisfactory state of natural lands and an extensive system of grassland management (intensive and unsystematic cattle grazing, plowing, burning of the old woman). All this leads to the fact that these territories are almost completely withdrawn from circulation and have lost their value. Their superficial improvement makes it possible to increase the collection of feed 2-3 times; the complete (radical) improvement increases productivity 4-6 times. The limiting factor of highly efficient procurement of high-quality feed is currently poor technical equipment. **Object.** The object of research is technologies and technical means for simplified improvement of forage lands.

Materials and methods. In the course of the research, the methods of integrated structural and dynamic analysis, expert and analytical method of information processing, as well as methods of

theoretical research of design layouts and process flow diagrams were used. Theoretical studies and calculations were carried out on based on well-known laws and methods of efficiency theory and mathematical analysis, optimization methods, and probability theory. The experimental studies were conducted in accordance with the current methodological requirements and standards. **Results and conclusions.** The design features of the developed machines for strip undersowing of grasses into sod, as well as for drill and scatter sowing of grass seeds, which are used for the most common technologies for simplified improvement of forage lands, are provided at the Federal Scientific Agroengineering Center «All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization of the Russian Academy of Agricultural Sciences». As a result of theoretical and field studies, it has been found that concerning the simplified improvement of meadows and pastures, the most promising area of research is the development and construction of a combined unit with spring working bodies (spikes), which should provide loosening of the topsoil down to an optimal depth of 3 cm to 7 cm, combing weak and dry plants, destruction of the soil crust and soil aeration, as well as sowing seeds of grasses and grass mixtures with their subsequent packing using heavy packers of various shapes depending on the type of sown crops and soil condition.

Key words: *technical means, simplified improvement of forage lands, processes of strip sowing of grass seeds, sowing of grasses in sod with simultaneous drill, scatter sowing of grass seeds.*

Citation. Fedorova O.A., Tekushev A.Kh., Chaplygin M.E., Davydova S.A. Technologies and technical means for simplified improvement of forage lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 404-414 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-00.

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 631.331

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УЛУЧШЕНИЯ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

О. А. Федорова¹, доктор технических наук, профессор

А. Х. Текушев², кандидат технических наук, старший научный сотрудник

М. Е. Чаплыгин², кандидат технических наук, старший научный сотрудник

С. А. Давыдова², кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва

Дата поступления в редакцию 11.04.2022

Дата принятия к печати 05.05.2022

Актуальность. Одним из стратегических направлений развития рационального природопользования в сельском хозяйстве России является развитие кормопроизводства. Российская Федерация обладает огромной территорией, характеризующейся благоприятными природно-климатическими условиями для успешного произрастания и выращивания разнообразных кормовых культур. Более 75 % сельскохозяйственных угодий Российской Федерации занято кормовыми угодьями: на пашне производят 70 % кормов, на природных сенокосах и пастбищах – 30 %. Продуктивность природных кормовых угодий, дающих дешевые и необходимые грубые и зеленые корма, крайне низка (7...13 ц/га сухого вещества), что связано с неудовлетворительным состоянием природных угодий, экстенсивной системой ведения лугопастбищного хозяйства (интенсивный и бессистемный выпас скота, распашка, выжигание старицы). Все это приводит к тому, что данные территории практически полностью выведены из оборота и потеряли свою ценность. Поверхностное их улучшение обеспечивает возможность повысить сбор кормов в 2-3 раза, коренное улучшение – увеличивает продуктивность в 4-6 раз.

Сдерживающим фактором высокоэффективной заготовки качественных кормов в настоящее время остается слабая техническая оснащенность, обновление сельскохозяйственной техники отстает от темпов ее выбытия в 3-4 раза. **Объект.** Объектом исследований являются технологии и технические средства для поверхностного улучшения лугопастбищных угодий. **Материалы и методы.** В процессе исследования использовались методы комплексного структурно-динамического анализа, экспертно-аналитический способ обработки информации, методы теоретического исследования конструктивно-технологических схем. Теоретические исследования и расчеты проводились на основе общеизвестных законов и методов теории эффективности и математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей. Полевые исследования проводились в соответствии с действующими методическими требованиями и стандартами. **Результаты и выводы.** Проведен анализ конструктивных особенностей разработанных на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ машин для полосного подсева трав в дернину, рядовой и разбросного высева семян трав, которые применяются для наиболее распространенных технологий поверхностного улучшения кормовых угодий. В результате обосновано наиболее перспективное направление исследований в области поверхностного улучшения лугов и пастбищ: разработка комбинированного агрегата с пружинными рабочими органами (зубьями), способными осуществлять рыхление почвы на глубину 3...7 см; вычесывать слабые и высохшие растения; разрушать почвенную корку и стимулировать проникновение воздуха в почву в зависимости от создаваемого рабочими органами усилия на почву.

Ключевые слова: *поверхностное улучшение кормовых угодий, полосной подсев семян трав, рядовой высев семян трав, разбросной высев трав семян трав.*

Цитирование. Федорова О. А., Текушев А. Х., Чаплыгин М. Е., Давыдова С. А. Технологии и технические средства для поверхностного улучшения кормовых угодий. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 404-414. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-50.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из стратегических направлений развития рационального природопользования в сельском хозяйстве России является развитие кормопроизводства, поскольку отрасль играет ключевую роль в обеспечении сбалансированности агроландшафтов, структуры посевных площадей, севооборотов, гармонизации растениеводства, земледелия и животноводства.

Российская Федерация обладает огромной территорией, характеризующейся благоприятными природно-климатическими условиями для успешного произрастания и выращивания разнообразных кормовых культур. Под кормовыми культурами (в основном кормовые травы) находится более 50 % из 122,8 млн га пашни, природные кормовые угодья составляют порядка 92,5 млн га (сенокосы – 24,02 млн га; пастбища – 68,5 млн га) и 335,2 млн га – оленьи пастбища. Таким образом, более 75 % сельскохозяйственных угодий, или более 1/4 территории Российской Федерации заняты кормовыми угодьями [5]. На пашне производят 70 % кормов, на природных сенокосах и пастбищах – 30 %. Продуктивность природных кормовых угодий, дающих дешевые и необходимые грубые и зеленые корма, крайне низка и составляет 7...13 ц/га сухого вещества, что связано с неудовлетворительным состоянием природных угодий, экстенсивной системой ведения лугопастбищного хозяйства (интенсивный и бессистемный выпас скота, распашка, выжигание старицы) [1, 10]. Все это приводит к тому, что данные территории практически полностью выведены из оборота и потеряли свою ценность. Поверхностное их улучшение обеспечивает возможность повысить сбор кормов в 2-3 раза, полное (коренное) улучшение – увеличивает продуктивность в 4-6 раз [8].

Сдерживающим фактором высокоэффективной заготовки качественных кормов в настоящее время остается слабая техническая оснащенность, которая, несмотря на выделение государством значительных средств на субсидирование приобретения сельскохозяйственной техники, продолжает оставаться недостаточной (обновление сельскохозяйственной техники отстает от темпов ее выбытия в 3-4 раза) [1, 5].

Для выявления основных направлений использования в должной мере огромных территорий дешевых лугопастбищных ресурсов проведен анализ современных технических средств и основных ресурсосберегающих технологий поверхностного улучшения выродившихся и сбитых задернелых кормовых угодий. В статье рассмотрены конструктивные особенности разработанных на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ технологий и технических средств и обосновано наиболее перспективное направление исследований в области поверхностного улучшения кормовых угодий.

Материалы и методы. Основой исследования послужили информационные и научные материалы, опубликованные в периодической печати и открытых источниках. В процессе исследования использовались методы комплексного структурно-динамического анализа, экспертно-аналитический способ обработки информации, методы теоретического исследования конструктивно-технологических схем. Теоретические исследования и расчеты проводились на основе общеизвестных законов и методов теории эффективности и математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей.

Результаты и обсуждение. Основные ресурсосберегающие технологии поверхностного улучшения кормовых угодий включают сочетание следующих агротехнических приемов: подкормка травостоев органическими и минеральными удобрениями, обогащение ботанического состава подсевом ценных видов трав, омоложение лугопастбищных угодий, устранение засоренности непоедаемыми видами трав.

На сегодняшний день в хозяйствах для поверхностного улучшения лугопастбищных кормовых угодий используются следующие технологические приемы: серийно выпускаемые промышленные зернотравяные сеялки для сплошного (традиционного) посева; комбинированные агрегаты для полосного подсева трав в дернину (патент РФ на ПМ № 160723), осуществляющие за один проход фрезерную обработку почвы полосами и высев в обработанные полосы семян трав с одновременным локальным внесением минеральных удобрений; луговые агрегаты с дисковыми сошниками, разрезающими дернину с одновременным рядовым высевом семян трав с последующей прикаткой; специальные универсальные агрегаты, высевающие семена трав, травосмесей и мелкосеменных культур путем разбрасывания семян на поверхность поля с последующим их прикатыванием тяжелыми катками, имеющими разный тип конструкции, в зависимости от вида высеваемых культур [2, 6, 9, 11-13].

Для выполнения сельскохозяйственных работ по заготовке кормов, улучшению лугов и пастбищ, обработке почвы и других работ часто используется универсальное энергетическое средство УЭС-250. Поскольку УЭС-250 работает с различными видами навесных и транспортных средств, в агрегате с машинами преимущественно с ротационными активными рабочими органами, универсальное энергетическое средство можно эксплуатировать в течение всего года. На заготовке кормов, улучшении лугов и пастбищ, обработке почвы и других работах в фермерских хозяйствах с поголовьем 50...100 голов широко используется также трактор МТЗ-82.

Сплошной (традиционный) посев дисковыми сошниками или стерневыми сеялками осуществляется ранней весной по таломерзлой почве без заделки. Для данной технологии посева применяется комплекс однооперационных машин, предназначенный для обработки почвы и посева: дисковая борона (предпосевная обработка почвы за 2-3 прохода); зернотравяная сеялка (высев семян трав полосами путем исключения из работы части сошников), скорость высева семян которой составляет 6...12 км/ч; тяжелый

кольчато-шпоровый каток (прикатывание почвы после посева). Из существенных недостатков данной технологии можно выделить высокую энергоэффективность (~14 100 МДж/га) при использовании однооперационных машин, значительные материальные издержки и трудозатраты.

Наиболее широкое распространение для поверхностного улучшения кормовых угодий получили технологии полосного подсева семян трав, посева трав в дернину с одновременным рядовым и разбросным высевом семян трав. На базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработаны агрегаты, а также отработаны и научно-обоснованы технологические приемы посева трав, отвечающие основным агротехническим требованиям.

Создание выровненного плотного ложа для семян и мелкокомковатого слоя с равномерной объемной массой для прикатывания семян и наличие катка, обеспечивающего достаточный контакт высеванных семян с почвой, является одним из основных требований к технологии полосного подсева семян трав. Полосной подсев обеспечивается комбинированными сеялками шириной захвата 3; 6; 12 м, работающими на скоростях движения 6...8 км/ч при междурядьях 20,3...25 см и потребляющие мощность на 1 м захвата 17,4...24 кВт. Основными техническими средствами для осуществления полосного подсева семян трав являются сеялки, почвообрабатывающие рабочие органы которых представляют собой приводимые от ВОМ тракторов дисковые фрезы и фрезерные Г-образные ножи [2, 7].

Примером реализации технологии может служить, разработанный в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ почвообрабатывающий посевной модуль машины (рисунок 1), который может агрегатироваться с универсальным энергетическим средством УЭС-250 класса 3 или трактором МТЗ-82 класса 1,4.

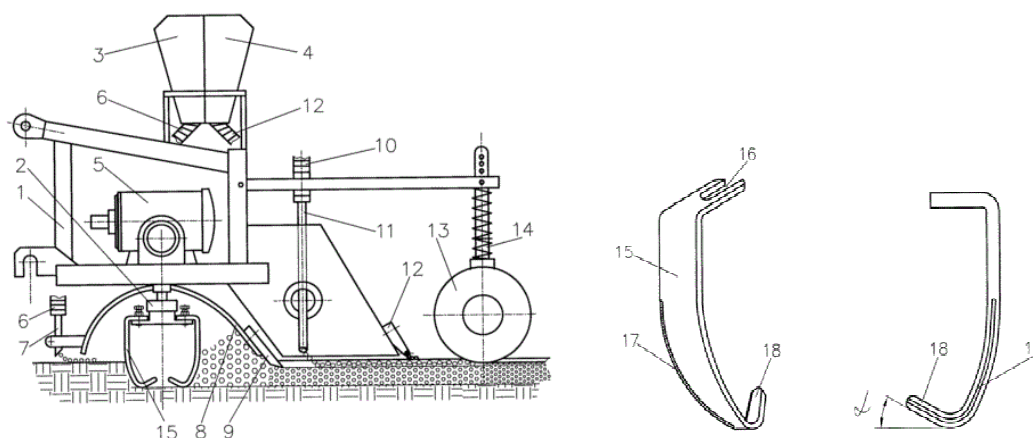


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема полосного почвообрабатывающего посевного модуля машины: 1 – рама; 2 – фрезерные секции; 3 – туковый бункер; 4 – семенной бункер; 5 – редуктор; 6 – тукопровод; 7 – туконаправитель; 8 – кожух фрезерных секций; 9 – специальная накладка; 10 – семяпровод; 11 – семянаправитель; 12 – загортач; 13 – прикатывающий каток; 14 – штанга с пружиной; 15 – фрезерные ножи; 16 – крепление ножей; 17 – режущая часть фрезерных ножей; 18 – крылья фрезерных ножей

Figure 1 – Layout and process flow diagram of the machine strip tillage sowing module: 1 – frame; 2 – milling sections; 3 – fertilizer tank; 4 – seed tank; 5 – gear box; 6 – fertilizer funnel; 7 – fertilizer guide; 8 – milling section casing; 9 – special pad; 10 – seed tube; 11 – seed guide; 12 – coverer; 13 – packer; 14 – rod and spring; 15 – rototilling knives; 16 – knife mounts; 17 – of rototilling knife cutting part; 18 – rototilling knife wings

Принцип работы машины следующий. При движении агрегата по полю из бункера 3 минеральные удобрения поступают путем их подачи через тукопроводы 6 к туконаправителям 7, установленным на кожухе 8 по осям симметрии фрезерных секций 2. Внесен-

ные поверхностно минеральные удобрения ножами фрезерных секций 15 заделываются в почву и распределяются по всей глубине обработки полос [4]. На обрабатываемых полосах для изменения ширины обработки, в зависимости от мощности травостоя и состояния дернины, крепление ножа 16 выполнено в форме открытого паза. Для качественного крошения срезанной почвенной стружки концы ножей 18 загнуты вовнутрь. Форма крыла ножа – треугольная, загнута под острым углом α к горизонтальной линии вращения крыла ножа 15. В процессе фрезерования ножи 15 забрасывают почвенный срез вовнутрь вращающихся концов ножей 18. Загнутые под острый угол кромки ножа крошат почву в продольно-вертикальной плоскости. Подготовленный слой почвы укладывается полосой на обработанную часть почвы. Выступы накладок 9 создают уплотненные углубления и формируют параметры полос (глубину, ширину полос). Семена трав, поступающие из бункера 4, через высевной аппарат, семяпроводы 10 попадают в семянаправители 11 и равномерно разбрасываются по дну уплотненных углублений за счет колебаний семянаправителя. На плотное семенное ложе высеиваются разбросанным способом семена трав с последующей их заделкой мелкими фракциями почвы (менее 2,5 см) с помощью загартача 12. С помощью пружин 14 и катка 13 обеспечивается необходимая вертикальная догрузка на кожух 8 для создания хорошего контакта семян с почвой.

Предпосевное фрезерование почвы выполняют так, чтобы ширина захвата обработанных полос была в два и более раза меньше ширины необработанных, а ширина захвата ножа и глубина обработки не превышали значений 5 и 8 см соответственно. Путем уплотнения почвы по серединам обработанных полос формируют ленты глубиной 0,5...2,5 см (в зависимости от глубины заделки семян). Следует учесть, что ширина необрабатываемых полос b_n , как внутри модуля, так и между ними, составляет 30...40 см. Таким образом, обрабатывается одна треть угодья, в естественном состоянии сохраняются две трети.

При агрегатировании полосного почвообрабатывающего посевного модуля машины с УЭС-250, машина способна обрабатывать примерно 20 полос:

$$n = N_e / N_{e\text{ ср}} = 280/13,5 = 20,7 = 20 \text{ шт.}, \quad (1)$$

где $N_e = 280$ л.с. – эксплуатационная мощность двигателя, л.с.; $N_{e\text{ ср}}$ – потребная средняя мощность для выполнения технологического процесса одного модуля, л.с. По результатам теоретических и лабораторных исследований установлено, что при обработке одной секцией, входящей в почвообрабатывающий посевной модуль, двух полос общей шириной 20...22 см потребная мощность для выполнения технологического процесса будет составлять – 12...15 л.с., для расчетов принимаем $N_{e\text{ ср}} = 13,5$ л.с.

При ширине обрабатываемых полос равной 20 см ширина захвата агрегата составит:

$$B = n (b_o + b_n) = 20 \times (0,2 + 0,4) = 12 \text{ м}, \quad (2)$$

где n – количество почвообрабатывающих посевных модулей (количество обрабатываемых полос), шт.; b_o – ширина одной обработанной полосы, м; b_n – ширина одной необработанной полосы, м.

При скорости движения $V_{\text{раб}} = 9$ км/ч производительность машины за час основного времени составит:

$$W_o = 0,1 \times B \times V_{\text{раб}} = 0,1 \times 12 \times 9 = 10,8 \text{ га/ч}. \quad (3)$$

Применение УЭС-250 позволяет значительно сократить количество заправок машины семенами и удобрениями (за счет установки бункеров с достаточным объемом) и повысить коэффициент сменного времени $k_{\text{см}}$ до 0,65...0,70. Для стандартных сеялок $k_{\text{см}} = 0,6$. Таким образом, ожидаемая производительность машины за час сменного времени составит:

$$W_{\text{см}} = k_{\text{см}} \times W_0 = (0,65 \dots 0,70) \times 10,8 = 7,02 \dots 7,5 \text{ га/ч.} \quad (4)$$

При агрегатировании полосного почвообрабатывающего посевного модуля машины с трактором МТЗ-82 ($N_e = 80$ л.с.) количество почвообрабатывающих посевных модулей при ширине обрабатываемых полос каждой отдельной секцией общей шириной захвата 20 см составит:

$$n = N_e / N_{e \text{ ср}} = 80 / 13,5 = 5,9 = 6 \text{ шт.} \quad (5)$$

Расчетная ширина захвата агрегата составит:

$$B = n (b_o + b_n) = 6 \times (0,2 + 0,3) = 3 \text{ м.} \quad (6)$$

При скорости движения $V_{\text{раб}} = 7$ км/ч производительность машины за час основного времени составит:

$$W_0 = 0,1 \times B \times V_{\text{раб}} = 0,1 \times 3,0 \times 7 = 2,1 \text{ га/ч.} \quad (7)$$

Конструктивно-технологическая схема полосного почвообрабатывающего посевного модуля является основой разработанной машины для подсева трав в дернину (МПТД), которая с учетом мощности УЭС-250 и МТЗ-82 будет иметь ширину захвата соответственно 12 и 3 м.

Проведенные полевые исследования показали, что применение технологии полосного подсева дает положительный эффект, направленный на увеличение всхожести семян. Однако их применение ограничено низкой надежностью машины и сравнительно высокой энергоемкостью технологического процесса.

Для посева трав в дернину с одновременным рядовым высевом семян трав разработан агрегат рядового высева семян трав (рис. 2). Рабочими органами являются сошники, выполненные в виде V-образных дисков, которые делают узкий разрез в травяном покрове. Расстановка сошников и глубина высева семян может меняться в зависимости от задачи, благодаря чему посевы могут иметь расстояние между рядами 7,5 и 4,0 см, глубину – 2,5 см. При этом семена трав, находясь в закрытом плодородном слое почвы, получают оптимальное питание для прорастания и защиту от птиц.

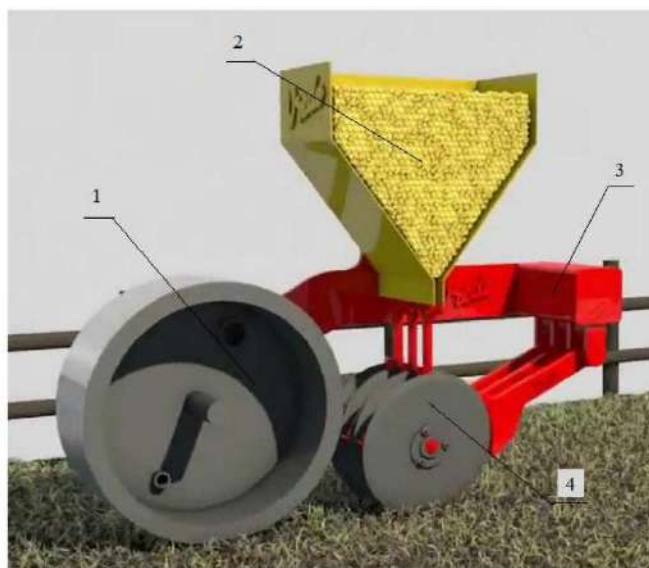


Рисунок 2 – Макетная конструктивно-технологическая схема агрегата рядового высева семян трав:
1 – прикатывающий каток; 2 – бункер семян; 3 – рама агрегата; 4 – высевая диск

Figure 2 – Mock-up design layout and process flow diagram of the unit for drill sowing of grass seeds:
1 – packer; 2 – seed tank; 3 – unit frame; 4 – seeding disc

Агрегат рядового высева семян трав работает следующим образом. Семена из бункера 2 направляются в V-образный диск 4 и с его помощью опускаются в разрез в дернине на определенную настроенную глубину. Установленный позади каток 1 закатывает разрез. Семена оказываются в хорошо увлажненном слое почвы, получают достаточное количество, воздуха и тепла. Тип заделывающего катка выбирается в зависимости от высеваемой культуры. Например, кольчато-зубовые катки применяются в случае посева при недостаточном количестве влаги (поздние сроки посева, подсев после первого укоса или при ремонте пастбищ без остановки выпаса). Регулировка высева сеялок такого типа производится с помощью вариатора. Количество семян можно устанавливать с точностью до грамма. В бункере семян имеется мешалка, которая предотвращает расслоение семян на фракции при посеве кормосмесей и способствует равномерной подаче семян.

К недостаткам реализации технологии посева трав в дернину с одновременным рядовым высевам семян трав можно отнести сложность, высокую металлоемкость конструкции и энергоэффективность процесса (12 300 МДж/га).

На базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ для реализации технологии разбросного высева семян трав был разработан агрегат, удовлетворяющий предъявляемым требованиям к качественным показателям заготавливаемых кормов и поддержанию продуктивного долголетия кормовых угодий. Конструктивно-технологическая схема агрегата для разбросного высева семян трав представлена на рисунке 3.

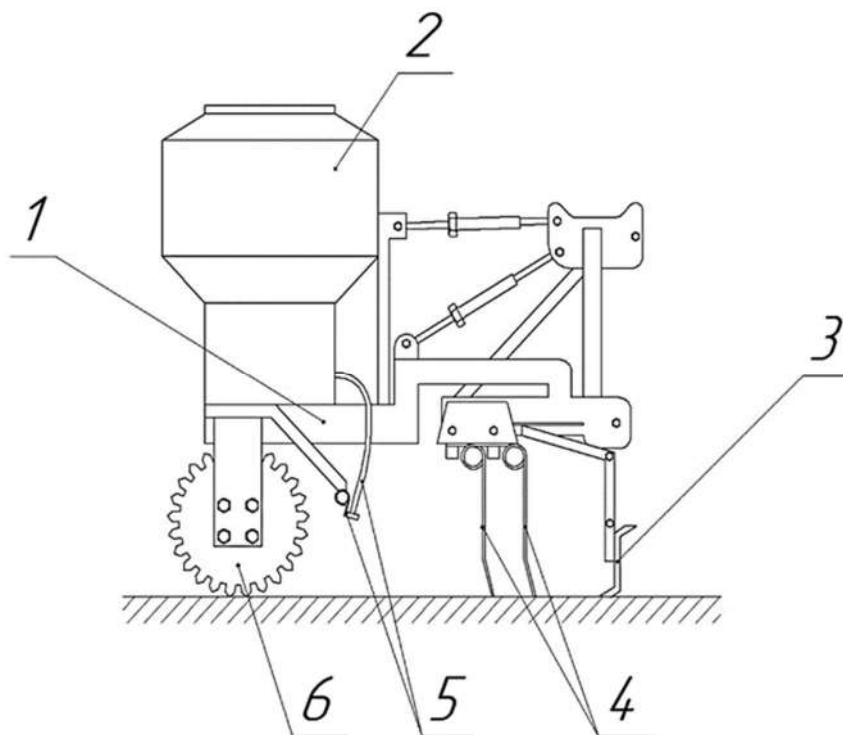


Рисунок 3 – Конструктивно-технологическая схема агрегата для разбросного высева семян трав:

1 – рама агрегата; 2 – бункер семян; 3 – разравнивающая пластина; 4 – секция пружинных зубовых борон; 5 – семяпровод и высевающая наклонная пластина; 6 – секция призматических прикатывающих катков

Figure 3 – Design layout and process flow diagram of the unit for scattered seeding of grass seeds:

1 – unit frame; 2 – seed tank; 3 – leveling plate; 4 – spring spike harrow section; 5 – seed tube and sowing inclined plate; 6 – section of prism-shaped packers

Агрегат работает следующим образом: разравнивающая поверхность поля пластина 3, закрепленная с возможностью регулировки по высоте, срезает кротовины и мягкие кочки на поверхности дернины. Пружинные рабочие органы (зубья) 4 рыхлят почву на глубину 3...7 см, вычесывают слабые и высохшие растения, стимулируют проникновение воздуха в почву. Легкие повреждения корневой системы травы способствуют образованию новой поросли. Семяпровод и высевая наклонная пластина 5 производят высев семян на поверхность поля. Призмовидный каток 6 прикатывает посевы семян трав.

Посевные испытания показали, что использование разработанного технического средства с пружинными зубьями в качестве рыхлителей стерни для технологии разбросного высева семян трав обеспечивает возможность работы на больших скоростях (до 15 км/ч, в зависимости от состояния поля), меньшую металлоемкость, компактность агрегата, а также энергоэффективность выполнения технологического процесса порядка 8950 МДж/га.

Анализ удельных показателей почвообрабатывающих машин с пассивными, активными рабочими органами и комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов по методике топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства [3] показал, что удельные энергозатраты с использованием комбинированных машин с штригельными рабочими органами составляют около 8953 МДж/га, для комплексов однооперационных машин – 14 100 МДж/га, полосного подсева семян трав – 12 300 МДж/га (рис. 4).

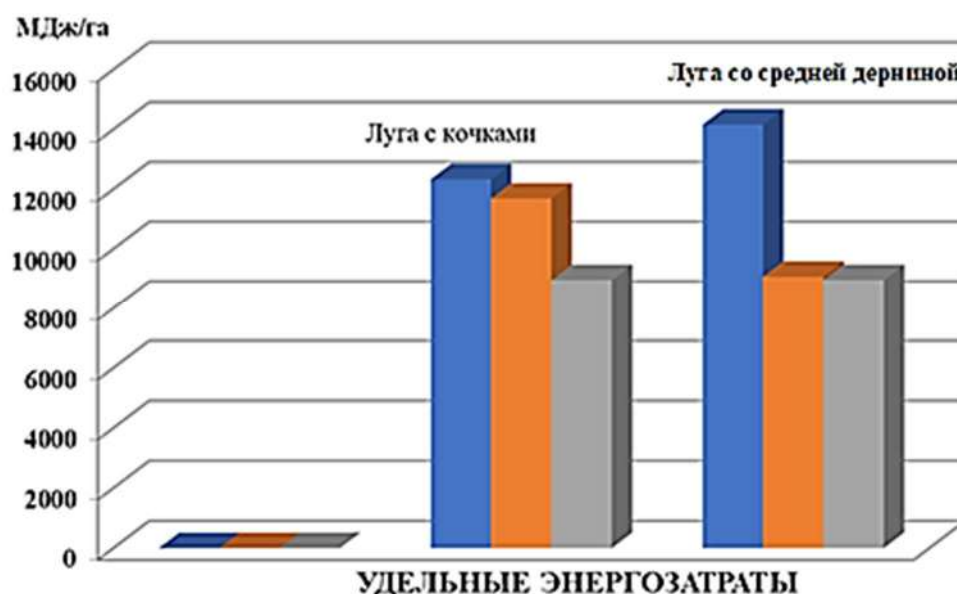


Рисунок 4 – Показатели энергоэффективности выполнения технологического процесса технологий обработки почвы и посева семян трав с применением машин с пассивными, активными рабочими органами и комбинированных агрегатов:

■ – машины с пассивными рабочими органами; ■ – машины с активными рабочими органами; ■ – почвообрабатывающе-посевной агрегат

Figure 4 – Energy efficiency indicators of the technological process of technologies of tillage and sowing of grass seeds with the use of machines with passive, active working bodies and combined units: ■ – machines with passive working elements; ■ – machines with active working elements; ■ – tillage-sowing unit

Таким образом, приоритетными являются малозатратные агроприемы повышения продуктивности сенокосов и пастбищ при затратах антропогенной энергии до 20 ГДж/га, из которых наиболее эффективным является разбросной подсев трав в дернину сенокосов и пастбищ (~ 8953 МДж/га).

В результате проведенных теоретических и полевых исследований выявлено, что для поверхностного улучшения лугов и пастбищ наиболее перспективным направлением исследования является разработка и создание комбинированного агрегата с пружинными рабочими органами (зубьями), которые должны обеспечивать рыхление верхнего слоя почвы на оптимальную глубину 3...7 см, вычесывание слабых и высохших растений, разрушение почвенной корки и аэрации почвы, а также высев семян трав и травосмесей с последующим их прикатыванием тяжелыми катками различной формы в зависимости от вида высеваемых культур и состояния почвы.

Выводы. После проведенных исследований с использованием методов комплексного структурно-динамического и конструктивно-технологического анализов можно сделать вывод, что сохранение и повышение продуктивности естественных и сеяных кормовых угодий на основе применения малозатратных технологий обусловлены не только экономической задачей по сокращению капитальных вложений на их коренное улучшение, но и возрастающей потребностью наращивания производства высококачественных кормов для развивающегося мясного скотоводства. Для поверхностного улучшения лугов и пастбищ наиболее перспективным для исследования направлением является разработка и создание комбинированного агрегата с пружинными рабочими органами (зубьями), которые должны обеспечивать рыхление почвы на глубину 3...7 см, вычесывание слабых и высохших растений, разрушение почвенной корки, проникновение воздуха в почву. Кроме того, разрабатываемые машины и технологии должны быть менее металло- и энергоемкими, иметь высокую производительность и эффективность процесса.

В связи с вышесказанным обоснование параметров, моделирование и производство разрабатываемых машин с предлагаемыми пружинными рабочими органами для поверхностного улучшения кормовых угодий, реализующими технологию разбросного посева семян трав, разработка и оптимизация машинных технологий поверхностного улучшения лугов и пастбищ с учетом зональных природно-климатических, производственных, экономических, экологических и других факторов являются актуальными направлениями исследований.

Библиографический список

1. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов: аналит. обзор / Н. В. Алдошин [и др.]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 92 с.
2. Лобачевский Я. П., Ахалая Б. Х., Шогенов Ю. Х. Новая ресурсосберегающая конструкция высевающего аппарата для кормовых культур // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 6. С. 22-27.
3. Методика топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства / В. П. Елизаров [и др.]. М.: ВИМ, 2012. 84 с.
4. Повышение качества полосного посева семян трав в дернину / В. А. Сысуев [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 5 (60). С. 63-67.
5. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В. М. Косолапов [и др.]. М.: РАН, 2018. 132 с.
6. Development and research of a device for seeding using the scattering method / R. Kh. Zhigunov [et al.] // AgroEcoInfo. 2019. N 1. P. 30.
7. Improving of the sod seeders SDK of strip grass seed sowing / V. Saitov [et al.] // Lecture Notes in Civil Engineering. V. 130. 2021. P. 595-604.

8. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards / E. V. Kyul [et al.] // Indian Journal of Ecology. 2017. V. 44. N 2. P. 239-243.
9. Modeling of disk sowing apparatus operation process / Y. A. Shekikhachev [et al.] // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. V. 548. P. 022004.
10. Overview of roughage feeds procurement technology / I. Y. Tyurin [et al.] // ПОАВ JOURNAL. 2020. N 11 (4). P. 39-43.
11. Prospective technologies, types and calculation of the technical means for the production of forages in arid regions of the country / O. Marchenko [et al.] // AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2019. V. 50. N 1. P. 90-93.
12. Research Project for State of Agricultural Machinery in Russian Federation / O. S. Marchenko [et al.] // AMA, Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2015. V. 46. N 1. P. 71-86.
13. Technology and tools for strip tillage in the energy-saving system of agriculture in volgograd region / I. B. Borisenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012020.

Информация об авторах

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>. E-mail: foa_77@mail.ru;

Текушев Арсен Хасанбиевич, старший научный сотрудник лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2816-2904>. E-mail: tekushev_vim@mail.ru;

Чаплыгин Михаил Евгеньевич, старший научный сотрудник лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>. E-mail: misha2728@yandex.ru;

Давыдова Светлана Александровна, ведущий научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>. E-mail: davidova-sa@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-51

GOALS AND OBJECTIVES OF THE TRANSFORMATION OF THE SPHERE OF LAND RECLAMATION BASED ON DIGITALIZATION

I. F. Yurchenko

*All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Received 17.02.2022

Submitted 18.04.2022

Summary

The publication shows the need to implement digital solutions in the field of land reclamation activities in the Russian Federation, which provide a qualitative increase in the economic efficiency of enterprises in the agro-industrial complex, as well as a decrease in unemployment in rural areas. The key goal, substantive tasks and ways of digitalization of the sphere of land reclamation are formulated, taking into account the positive experience of digital solutions of previous periods of modernization of agricultural production.

Abstract

Introduction. The relevance process of research is determined by the development of technologic as of domestic agricultural production, in general, and reclaimed lands, in particular, as well as a high level of importance of software and communication complexes for managing agricultural technologies

in the development of an economically efficient, environmentally sustainable and technologically innovative crop production system. The purpose of the work is to form the methods and subject tasks of systemic digitalization in the field of land reclamation activities of the Russian Federation, corresponding to the transformation of the processes of state management of agriculture on the basis of the unified national information space currently being created. **Object.** The object of research is the processes of digitalization of land reclamation activities. **Materials and methods.** The methodological basis of the research is based on the provisions of the information-analytical approach to the study and analysis of existing regulatory and legal and regulatory-methodological documents, theoretical works of scientists, expert proposals and practitioners' experience in the field of digitalization of land reclamation. **Results and conclusion.** The unconditional lag of Russian farmers in the development, implementation and use of digital solutions for technological processes of production and production in general, including land reclamation, was revealed in comparison with the theoretical achievements and practical successes of foreign agricultural production. The necessity of implementing digital solutions in the field of reclamation activities is shown, which provide a qualitative increase in the economic efficiency of enterprises of the agro-industrial complex, as well as a decrease in unemployment in rural areas, and, as a result, an increase in the welfare of citizens of the Russian Federation. The key goal, substantive tasks and ways of digitalization of the sphere of land reclamation are formulated, taking into account the positive experience of digital solutions of previous periods of modernization of agricultural production. In general, the developments are based on the best achievements of modern innovative theory, if possible, tested and practice in the field of digitalization of the agro-industrial complex. Purposeful and systematic application of the proposed measures by domestic farmers to a large extent guarantees the planned results.

Key words: goals, methods, tasks, digitalization, agro-reclamation technologies, melioration, crop production system.

Citation. Yurchenko I.F. Goals and objectives of the transformation of the sphere of land reclamation based on digitalization. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 414-422 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-51.

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

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

УДК 631.6

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТРАНСФОРМАЦИИ СФЕРЫ МЕЛИОРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ

И. Ф. Юрченко, доктор технических наук, главный научный сотрудник

Всероссийский научно исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва

Дата поступления в редакцию 17.02.2022

Дата принятия к печати 18.04.2022

Введение. Актуальность исследований определяется развитием технологических процессов отечественного агропроизводства в целом и мелиорированного земледелия в частности, а также высоким уровнем значимости программно-коммуникационных комплексов управления агротехнологиями в становлении экономически эффективной, экологически устойчивой и технологически инновационной системы растениеводства. Цель работы – формирование методов, способов и предметных задач системной цифровизации в сфере мелиоративной деятельности Российской Федерации, соответствующих трансформации процессов государственного управления сельским хозяйством на основе создаваемого в настоящее время единого национального информационного пространства. **Объект.** Объектом исследований являются процессы цифровизации мелиоративной деятельности. **Материалы и методы.** Исследования базируются на

положениях информационно-аналитического подхода к изучению и анализу действующих нормативно-правовых и нормативно-методических документов, теоретических трудов учёных, предложений экспертов и опыта практиков в сфере цифровизации мелиоративной деятельности. **Результаты и выводы.** Выявлено безусловное отставание российских аграриев в области разработки, внедрения и использования цифровых решений для технологических процессов производства и сельскохозяйственного производства в целом, включая мелиорацию, в сравнении с теоретическими достижениями и практическими успехами зарубежных сельхозтоваропроизводителей. Показана необходимость реализации цифровых решений в сфере мелиоративной деятельности, обеспечивающих качественное повышение экономической эффективности предприятий агропромышленного комплекса, а также снижение безработицы в сельской местности и, как следствие, рост благосостояния граждан РФ. Сформулированы ключевая цель, предметные задачи и способы цифровизации сферы мелиоративной деятельности с учётом положительного опыта цифровых решений предыдущих периодов модернизации сельскохозяйственного производства. В целом разработки настоящих исследований базируются на лучших достижениях современной инновационной теории, по возможности апробированной в практике сферы цифровизации АПК. Целенаправленное и планомерное применение предложенных мероприятий отечественными аграриями в значительной мере гарантирует получение запланированных результатов.

Ключевые слова: цифровизация мелиорации, агромелиоративные технологии, развитие мелиорации, системы растениеводства.

Цитирование. Юрченко И. Ф. Цели и задачи трансформации сферы мелиоративной деятельности на основе цифровизации. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 414-422. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-51.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Успешное развитие аграрного производства в Российской Федерации в условиях санкций и запрета в ряде стран с 2014 года поставок в Россию отдельных видов сельскохозяйственной продукции требует ускоренного решения проблемы становления эффективной, устойчивой и высокотехнологичной системы отечественного растениеводства (Постановление Правительства Российской Федерации от 25.08.2017 № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы»). Достижения зарубежного сельского хозяйства и передовых сельхозтоваропроизводителей России настоящего периода ведущие эксперты сферы деятельности АПК связывают в большой мере с активным использованием инновационных цифровых решений, позволяющих автоматизировать и оптимизировать управленческие воздействия в области производства и технологических процессов агропроизводства, а также процессов государственного управления сельским хозяйством как сферой экономики, что привлекает к цифровым технологиям внимание управленцев всех уровней [5].

Несмотря на мощный потенциал модернизации национального сельского хозяйства, российские аграрии практически находятся в начале пути реализации современных инновационных технологий производства, повсеместно практикующихся в странах, занимающих ведущие позиции в мировых рынках продовольствия и сырья для промышленности. Мелиорация, представляющая значимый фактор технологического воздействия на эффективность агропроизводства, может и должна стать ключевым звеном в сложной цепи мероприятий по обеспечению продукцией растениеводства не только России, но и многих стран мира [2].

В настоящее время в сфере цифровизации мелиоративной деятельности максимально востребованы и проработаны следующие аналитические решения по [3, 6, 7]:

- прогнозированию урожайности в зависимости от приоритетных факторов ее формирования;
- оптимизации себестоимости продукции растениеводства, структуры посевных площадей и севооборотов;
- определению эколого-экономической эффективности инвестиций в мелиорацию;
- мониторингу оперативной деятельности, прогнозированию и оценке результатов ее воздействия.

В настоящей работе формируются цели и задачи системной цифровизации в сфере мелиоративной деятельности Российской Федерации, соответствующие трансформации процессов государственного управления сельским хозяйством на основе создаваемого в настоящее время единого национального информационного пространства.

Материалы и методы. Базовую основу выполненных исследований составляют действующие нормативно-правовые и нормативно-методические документы, теоретические труды учёных, предложения экспертов и опыт практиков в сфере цифровизации мелиоративной деятельности. Материалы изучались, систематизировались, обобщались и анализировались с использованием информационно-аналитического подхода.

Результаты и обсуждение. Анализ процессов цифровизации агропроизводства на мелиорируемых землях Российской Федерации, а также разработанных нормативно-правовых актов федерального значения однозначно показал не только актуальность, но и высокую степень неукоснительной необходимости реализации цифровых решений в сфере мелиоративной деятельности (Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 12 января 2017 г. № 3 «Об утверждении Прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г.», Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-Р «Стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 года», Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства») [4]. Только в этом случае можно рассчитывать на качественное повышение экономической эффективности предприятий агропромышленного комплекса, использующих мелиоративные технологии, и производительности труда в сфере мелиоративной деятельности, а также на снижение безработицы в сельской местности и, как следствие, воплощения в жизнь указанных факторов, рост благосостояния граждан РФ.

Важно понимать, что достижение ожидаемого благоприятного результата требует использования системного подхода и стандартизации базовых мероприятий трансформации процесса цифровизации мелиорации во всех регионах страны. Это позволит использовать унифицированные централизованные базы данных для продвижения цифровых технологий в профильных производствах.

В качестве ключевой цели системной цифровизации агропроизводства на мелиорируемых землях предлагается принять обеспечение значимого прироста эффективности и устойчивости системы растениеводства за счёт существенных изменений качества управления технологическими процессами и процедурами принятия решений. Последние базируются на перспективных инновационных способах формирования и последующего использования информации для точного регулирования потоков воды и минеральных веществ, оценки экологической безопасности корректируемой природной среды и снижения антропогенной нагрузки на мелиорируемые и прилегающие к ним земли.

Помимо цифровизации технологических процессов мелиорируемого земледелия, необходимо вести работы по развитию цифровых решений в области государственного управления становлением и развитием современной мелиорации.

Способы цифровизации сферы мелиоративной деятельности должны включать:

- проведение цифровой модернизации подавляющего большинства подведомственных предприятий;
- обеспечение качественного и количественного прорыва в производительности труда, вплоть до роста основных показателей порядка 100 %;
- стимулирование государственных федеральных и муниципальных структур в области финансирования цифровизации мелиоративной отрасли;
- регулярный сбор, анализ и обработка информации с целью принятия управленческих решений по корректировке внедрения цифровых технологий в мелиоративный комплекс;
- обеспечение межведомственного взаимодействия на региональном и федеральном уровнях;
- повышение продовольственной безопасности Российской Федерации.

Планомерное и успешное достижение поставленных целей потребует решения ряда задач, из которых приоритетными являются следующие:

1. Объединение в общую систему, анализ и разработка технических решений контроля и регулирования множественных факторов, влияющих на агропроизводство: метеорологических, почвенных, биологических, экономических и др. [1, 9]. Это позволит выработать принципиально новые подходы к созданию цифровых платформ, которые в дальнейшем можно будет использовать в качестве универсальной базы для различных природно-климатических зон Российской Федерации.

2. Нивелирование влияния больших территорий Российской Федерации в области внедрения единых стандартов мелиорации, расширение возможности быстрого и эффективного внедрения на любом из предприятий мелиоративного комплекса инновационных технологий, методик и методов ведения хозяйственной деятельности. Действующие в настоящее время фрагментарные разработки в области автоматизации и цифровизации мелиоративной деятельности слишком узко специализированы, их невозможно адаптировать для внедрения даже в соседних хозяйствах, не говоря уже о больших расстояниях со значительным изменением климата и состава почвы.

3. Обеспечение качественного и количественного межотраслевого взаимодействия с другими производственными областями сельскохозяйственного комплекса, а также иных промышленных, социальных, торговых, банковских секторов экономики. В России пока еще каждое министерство различных отраслей промышленности ведет собственную политику в области цифровизации, что, безусловно, не способствует общему развитию национальной цифровизации.

4. Разработка и внедрение в практику производств ряда масштабных платформ автоматизации мелиоративных процессов, конкурирующих между собой, но имеющих единый стандарт ведения баз данных для удобного взаимобмена информацией. Платформы должны быть фрагментированы по выполняемым функциям для того, чтобы небольшие, в том числе и фермерские, хозяйства имели возможность использовать лишь актуальную для них часть общей платформы. Это снизит стоимость и повысит экономическую целесообразность перехода на цифровую мелиорацию.

5. Адаптация цифровизации в части внедрения «эко»-стандартов и форматов. Это позволит России существенно повысить конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции на мировом рынке. Сегодня тенденции таковы, что только производители экологически чистых продуктов могут рассчитывать на конкурентные пре-

имущества. Более того, «эко»-формат производства необходимо доказывать, причём на всех этапах, в том числе при проведении мелиоративных работ, при подготовке почвы к посеву, при проведении полива, внесении удобрения и так далее.

6. Оцифровка всех без исключения сельскохозяйственных земель, а не только задействованных в мелиоративных процессах на данный момент времени, для дальнейшего использования в ГИС-подложке, которая должна стать базой для дальнейшего функционирования цифровых платформ в мелиорации.

7. Разработка, внедрение и применение инновационного инструментария для успешного использования решений по цифровизации агротехнологий, цифровых платформ и единого национального информационного ресурса.

8. Создание и воплощение в жизнь в сфере мелиоративной деятельности автоматизированных, роботизированных, использующих возможности интеллектуальных решений информационных технологий.

9. Развитие информационного ресурса подготовки в удалённом режиме специалистов для агропроизводства и консультационных пунктов внедрения и эксплуатации технологий цифровизации.

10. Активное использование преимуществ, предоставляемых внедрёнными в практику «умными вещами», позволяющими, в первую очередь, снизить энергетическую нагрузку на предприятия при проведении мелиоративных работ [8].

11. Разработка единых образовательных программ для среднего специального и высшего образования по направлениям технической, экономической, управленческой поддержки «умной мелиорации». Определение перечня образовательных организаций, которые будут задействованы в подготовке квалифицированных специалистов.

12. Повышение престижа работы в агропроизводстве, благосостояния жителей села, роста востребованности IT-специалистов.

13. Обеспечение аграриев современной высокоскоростной связью посредством сети Интернет, стандартными форматами и протоколами обмена данными между информационно-коммуникационными комплексами [14].

14. Создание цифровых технологий информационной поддержки назначения управленческих воздействий.

В целом решение поставленных задач силами только АПК и в автономном режиме, безусловно, очень сложно, можно сказать, практически нереально [11, 13], что вынуждает находить возможность для рационального привлечения иностранного капитала и передовых зарубежных технологий на отечественный рынок. Безусловно, на сегодняшний день цифровизация мелиоративного сектора в ведущих западных странах находится на более высоком уровне, где использование тех же роботизированных комплексов не является чем-то сверхъестественным [10, 12]. Понятно, что полностью закупать все необходимые технологии и оборудование в «зарубежном исполнении» безрасходно. Необходимо максимально ориентироваться на собственный потенциал и активно проводить политику импортозамещения. Однако и решение раз и навсегда игнорировать существующие и апробированные успешные разработки сферы цифровизации в мировом сельском хозяйстве, включая мелиорацию, было бы не очень дальновидно. Следует активно искать разумный компромисс в сфере интересов и возможностей развития отечественных цифровых агротехнологий для сокращения (вплоть до полной ликвидации) указанной проблемы национальной экономики.

В случае успешной реализации цифровизации на федеральном уровне к 2030 году предполагается получить следующие конкурентные преимущества для отечественной мелиорации (Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mcxas.ru/upload/iblock/97d/97d2448548047b0952c3b9a1b10edde.pdf>):

- рациональное использование земельных, водных, климатических ресурсов, сохранение их восстановительной функции;
- увеличение доли базовых продуктов сельского хозяйства на мировых рынках;
- достижение более высоких, близких к 100 %, показателей импортозамещения на российском рынке продуктов питания;
- снижение зависимости от иностранных поставщиков техники, технологий, оборудования, программного обеспечения для мелиоративного сектора экономики, что в немалой степени способствует уменьшению валютной зависимости производственных предприятий;
- рост процентного соотношения высокопроизводительного, инновационного производства к устаревшим мелиоративным технологиям;
- нормализация рынка труда с формированием добротной конкуренции и снижением общей безработицы.

Модернизация инфраструктуры мелиоративного комплекса сопряжена с необходимостью учёта специфики организации отечественного агропромышленного хозяйства, ориентированного на формирование крупных агрохолдингов. Именно эти производственные структурные подразделения должны стать первопроходцами в области цифровизации отрасли в целом и мелиорации в частности. Сегодня необходима серьёзная государственная поддержка сельхозтоваропроизводителей, в первую очередь, за счет разработки новой законодательной базы в сфере мелиоративной деятельности, в настоящее время лишь частично регламентирующей многогранные процессы цифровизации, что, естественно, недостаточно. Требуется подготовить научное обоснование практических, экономических, технических и технологических направлений современной, инновационной цифровизации, на основе которых законодатели смогут формировать нормативно-правовую базу, обеспечивающую дальнейшее развитие и внедрение в агропроизводство эффективных и актуальных законодательных актов сферы планируемой и реализуемой цифровизации как федерального, так и регионального уровней.

Выводы. Успешное решение амбициозных задач, стоящих в настоящий период перед национальным агропромышленным комплексом, требует становления в Российской Федерации модернизированного на основе инновационных цифровых технологий мелиоративного водохозяйственного комплекса, обеспечивающего производительность труда, урожайность сельхозкультур, себестоимость продукции и другие показатели эффективности агропроизводства, соответствующие и превосходящие возможности сельхозтоваропроизводителей мирового уровня, занимающих передовые позиции рынка продовольствия и промышленного сырья.

Это накладывает серьёзную ответственность на выбор процедур разработки, мероприятий внедрения и способов использования цифровых решений в областях реализации технологических процессов мелиорируемого земледелия и государственного управления мелиоративной деятельностью. Нужно понимать, что цифровизация не является абсолютным новшеством на этапах модернизации сельскохозяйственного производства с помощью моделирования и компьютерных технологий. Ей предшествовала информатизация отрасли, ориентированная на создание систем автоматизированного проектирования, информационной поддержки управленческих решений, управления технологическими процессами агропроизводства, формирования аналитических решений по регулированию ключевых факторов, определяющих успешность сферы мелиоративной деятельности.

При всей ограниченности технических, технологических и аналитических возможностей информационных систем этого этапа модернизации агропроизводства, их внедрение в практику отечественного растениеводства дало ощутимый положительный

результат. К сожалению, запланированные по указанному направлению работы в Российской Федерации не были завершены в связи с начавшейся перестройкой хозяйственного механизма. Это позволило странам Запада, не прекращавшим процесс информатизации сельского хозяйства, к настоящему времени существенно опередить российское агропроизводство по уровню насыщения, качеству и функциональным возможностям цифровых технологий в мелиоративном секторе экономики.

Представленные в публикации предложения по целевым установкам трансформации сферы мелиорации и круг задач для эффективного решения этой проблемы разработаны по результатам анализа лучших, эффективных, по возможности, проверенных на практике достижений теории и опыта передовых предприятий АПК, что в значительной мере гарантирует получение запланированных результатов в случае их планомерного и неукоснительного применения.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Геопозиционный синтез мониторинговых данных и возможности их использования в режиме реального времени // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1 (41). С. 168-177.
2. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 50-55.
3. Обоснование эффективности планирования технологических процессов водопользования и оперативное управление водораспределением на базе использования метода Монте-Карло / В. И. Ольгаренко, И. Ф. Юрченко, И. В. Ольгаренко [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1 (29). С. 49-65.
4. Огневцев С. Б. Цифровизация экономики и экономика цифровизации // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 2 (368). С. 77-80.
5. Цифровая экономика и перспективы ее роста на 2018-2020 годы / А. В. Захарян, Е. С. Померко, А. В. Негодова, М. А. Давыденко // Экономика и предпринимательство. 2018. № 5 (94). С. 169-173.
6. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией (обзор) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2 (26). С. 195-209.
7. Юрченко И. Ф., Носов А. К. Оптимизационная модель формирования вариантов развития мелиораций в составе схемы комплексного использования и охраны водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 2. С. 53-66.
8. Adesta E. Y. T., Agusman D., Avicenna A. Internet of Things (IoT) in Agriculture Industries // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI). 2017. V. 5. №. 4. P. 376-382.
9. Bandurin M. A., Yurchenko I. F., Bandurina I. P. Computer Technology to Assess the Capacity Reserve of the Irrigation Facilities of the Agro-Industrial Complex // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. P. 8933970.
10. Heather Cl. Why smart irrigation startups are bubbling up. <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
11. Kumari R. Input-Output Analysis for Rural Industrial Development of Patna Region // Journal of Regional Development and Planning. 2014. V. 3. № 2. P. 37-50.
12. Lehmann R. J., Reiche R., Schiefer G. Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research // Comput. Electron. Agric. 2012. V. 89. P. 158-174.
13. Luo Y. A general framework of digitization risks in international business // Journal of International Business Studies. 2021. P. 1-18.
14. Shepherd M., Turner J. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the “digital agriculture” revolution: Realising the promise of ‘Digital agriculture’ // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. 100. 10.1002/jsfa.9346.

Информация об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, главный научный сотрудник отдела «Природоохранных и информационных технологий» Всероссийского научно исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (РФ, 127550 г. Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, строение 2), доктор технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Тел. +7 916 328-85-1, e-mail: Irina.507@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-52

OVERVIEW OF MOUNTED RELOADING DEVICES OF VEHICLE BODIES FOR CAREFUL UNLOADING OF POTATOES

I.A. Yukhin¹, I.A. Uspensky¹, V.A. Eviev², A.A. Golikov¹,

¹Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan

²Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista

Received 20.03.2022

Submitted 25.05.2022

The research was carried out within the framework of the project "Improvement of technologies, means of mechanization, electrification and technical service in agricultural production. Prospects for the development of rural areas", section 1.1. "Improving the efficiency of mobile equipment operation through the development of new designs and improving methods of maintaining its technical condition" (subsection 1.1.5. "Improving the operational performance of transport and technological machines during on-farm transportation of agricultural products in the agro-industrial complex") of the R&D plan of the Federal State Educational Institution of Higher Education for 2021-2025.

Summary

This scientific article is devoted to the problem of damage to tubers in the process of unloading them from dump trucks. The analysis of existing technical solutions aimed at minimizing the impact of this negative phenomenon was carried out. The experience of foreign and domestic engineering has been studied. Based on the conducted research, a mounted reloading device for dump tractor trailers was developed and patented. The prototype was used during potato harvesting in 2021, the results of which confirmed its effectiveness.

Abstract

Introduction. Relevance. The development of agricultural production inevitably entails an increase in the volume of on-farm transportation. At the same time, the imperfection of the structures of the equipment used for this purpose can significantly affect the efficiency of harvesting and transport operations. Especially significant in this matter is the loss of the marketable type of products (mainly due to mechanical damage). Therefore, the reduction of tubers in the machine production of potatoes is currently of great importance. **Object.** Potatoes of the Latona variety. Dump tractor trailer 2PTS-4 with a mounted reloading device. **Materials and methods.** Patent search for identification of analogues and prototype of a mounted reloading device. The theoretical component of scientific research is based on the provisions, laws and methods of theoretical mechanics and mathematical analysis using computers, including using the MathCAD 14.0 program. **Results and conclusions.** The developed design of the mounted reloading device for the dump truck body of the vehicle was used during the mass harvesting of potatoes in 2021. The cumulative economic effect according to the results of field tests amounted to about 200 rubles per ton of transported cargo.

Key words: damage, tuber, vehicle, dump truck, speed, self-unloading body.

Citation. Yukhin I. A., Uspensky I. A., Eviev V. A., Golikov A. A. Overview of mounted reloading devices of vehicle bodies for careful unloading of potatoes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 422-430 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-52.

Author's contribution. The authors of this study collected the material, analyzed the data and wrote a manuscript.

Conflict of interest. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 629.35

ОБЗОР НАВЕСНЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ КУЗОВОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ БЕРЕЖНОЙ РАЗГРУЗКИ КАРТОФЕЛЯ

И. А. Юхин¹, доктор технических наук, доцент
И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор
В. А. Эвиев², доктор технических наук, профессор
А. А. Голиков¹, кандидат технических наук

¹ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева», г. Рязань

²ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», г. Элиста

Дата поступления в редакцию 20.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Исследования проведены в рамках выполнения проекта «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий», раздел 1.1. «Повышение эффективности эксплуатации мобильной техники за счет разработки новых конструкций и совершенствования методов поддержания её технического состояния» (подраздел 1.1.5. «Повышение эксплуатационных показателей транспортных и технологических машин при внутрихозяйственных перевозках сельскохозяйственной продукции в агропромышленном комплексе») плана НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 гг.

Актуальность. Развитие сельскохозяйственного производства неизбежно влечет за собой рост объемов внутрихозяйственных перевозок. При этом несовершенство конструкций применяемой для этой цели техники может существенно повлиять на эффективность уборочно-транспортных работ. Особенно значимой в данном вопросе является потеря товарного вида продукции (преимущественно из-за механических повреждений), поэтому сохранение товарного вида клубней при машинном производстве картофеля приобретает в настоящее время большое значение. **Объект.** Картофель сорта «Латона». Самосвальная тракторная прицеп 2ПТС-4 с навесным перегрузочным устройством. **Материалы и методы.** Патентный поиск для определения аналогов и прототипа навесного перегрузочного устройства. Теоретическая составляющая научных исследований выполнена на основе положений, законов и методов теоретической механики и математического анализа с использованием ЭВМ, в том числе с использованием программы MathCAD 14.0. **Результаты и выводы.** Разработанная конструкция навесного перегрузочного устройства для самосвального кузова транспортного средства была задействована в ходе массовой уборки картофеля в 2021 году. Совокупный экономический эффект по итогам полевых испытаний составил около 200 руб. на тонну перевезенного груза.

Ключевые слова: повреждения клубней картофеля, разгрузка картофеля, самосвальная кузов, навесные перегрузочные устройства.

Цитирование. Юхин И. А., Успенский И. А., Эвиев В. А., Голиков А. А. Обзор навесных перегрузочных устройств кузовов транспортных средств для бережной разгрузки картофеля. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 422-430. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-52.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время важнейшей приоритетной задачей дальнейшего развития эффективного производства картофеля является минимизация повреждений и потерь продукции на всех этапах [11, 12, 8, 5].

Как показал анализ источников литературы в зависимости от применяемой технологии уборки картофеля [3], механические повреждения клубней за весь цикл могут достигать 60 % от общего количества, большая часть которых характерна для перегруз-

зочных операций (перегрузки клубней из картофелеуборочной машины в транспортное средство, разгрузка транспортного средства, перегрузка клубней в пункт послеуборочной доработки и так далее).

Для вывоза свежееубранного картофеля с поля в большинстве случаев используются самосвалы или саморазгружающиеся транспортные средства [9].

Самыми распространенными на территории РФ являются самосвалы. Они способны выполнять большую часть задач сельскохозяйственного предприятия и имеют сравнительно невысокую стоимость (по сравнению со специализированной техникой).

При всех своих положительных качествах данный тип транспортных средств имеет и существенный недостаток – большое количество клубней, получивших механические повреждения при разгрузке кузова [8, 7].

Учитывая геометрические характеристики самосвалов, а именно возвышение дна кузова ТС над поверхностью, на которую осуществляется разгрузка (таблица 1), при отсутствии специализированных устройств (например, приемных бункеров пункта послеуборочной доработки клубней) высока вероятность получения клубнями механических повреждений (данный показатель может достигать от 20 до 25 % объема перевозимой продукции).

Наиболее приспособленными для осуществления внутрихозяйственных перевозок картофеля являются саморазгружающиеся транспортные средства. В данной категории можно выделить кузов с донным транспортером; с выдвижной системой; со сдвижным полом. Рассмотрим их более подробно.

Достойным примером отечественных конструкторских разработок является саморазгружающийся кузов БАЛТ «ГРАНД-ПОЛЕВИК». На рынке представлен следующий модельный ряд:

- автомобили БАЛТ с кузовами 15,5 м³, 18,5 м³, 23,5 м³;
- 2-х осные, 2-х скатные прицепы с кузовом 18,5 м³ или 3-х осные, 2-х скатные с кузовом 23,5 м³;
- 3-х осные, 2-х скатные полуприцепы с кузовами 30,5 м³, 37 м³, 43 м³.

Таблица 1 – Допускаемые высоты падения и скорости удара клубня [4]

Table 1 – Permissible drop heights and tuber impact velocities [4]

Поверхность	Высота падения, м	Скорость удара v_d , м/с
Сталь, дерево	0,18-0,33	1,9-2,5
Резина	1,6-2,8	5,6-7,5
Свободный клубень	-	3,8-5
Несвободный клубень		
к=2	0,1-0,2	2,7-3,6
к=1	0,37-0,66	2,7-3,6
к=0,5	0,87-1,6	4,1-5,2

Примечание: к – это отношение радиусов клубней R_1 (клубень, который падает) на R_2 (клубень, на который падает).

Все перечисленные выше модели транспортных средств могут быть опционально оснащены перегрузочным устройством для более бережной выгрузки картофельного вороха (рисунок 1).

Еще одним примером саморазгружающейся техники являются кузова транспортных средств, оборудованных системой WALKING FLOOR.

На отечественном рынке в данном сегменте реализуется продукция компании Cargo Floor. Система «подвижный пол» не только может быть установлена на кузова транспортных средств (рисунок 2), но и использована в складских помещениях.



а) б)
Рисунок 1 - Автомобиль БАЛТ «ГРАНД-ПОЛЕВИК»:
а - донно-ленточный транспортер; б - перегрузочный транспортёр

Figure 1 - BALT GRAND-POLEVIK car:
а - bottom-belt conveyor; б - reloading conveyor

Транспортные средства, оборудованные системой WALKING FLOOR, способны осуществлять перевозку различных грузов начиная от строительных материалов и заканчивая продукцией растениеводства.

Компания Fliegl (Германия) выпускает прицепы-вагоны большой вместимости (полная масса полуприцепа с грузом варьируется от 11 до 44 тонн) [10], которые опционально могут оснащаться значительным числом сменных рабочих органов (навесное вентиляторное оборудование для транспортировки опилок, навозоразбрасывающее навесное оборудование, перегружающий шнек и прочее). На рисунке 3 представлен полуприцеп ASW с гидравлическим складывающимся транспортером «POM-Over» с очищающей лентой для перегрузки картофеля, моркови и т.д.



а) б)
Рисунок 2 - Полуприцеп Fliegl SDS 350:
а – система WALKING FLOOR; б – общий вид прицепа

Figure 2 - Fliegl SDS 350 semi-trailer:
а – WALKING FLOOR system; б – general view of the trailer

Подача груза к ленте-транспортеру «POM-Over» осуществляется при помощи выдвигающей системы FLIEGL (рисунок 3) исключая необходимость опрокидывания кузова транспортного средства.

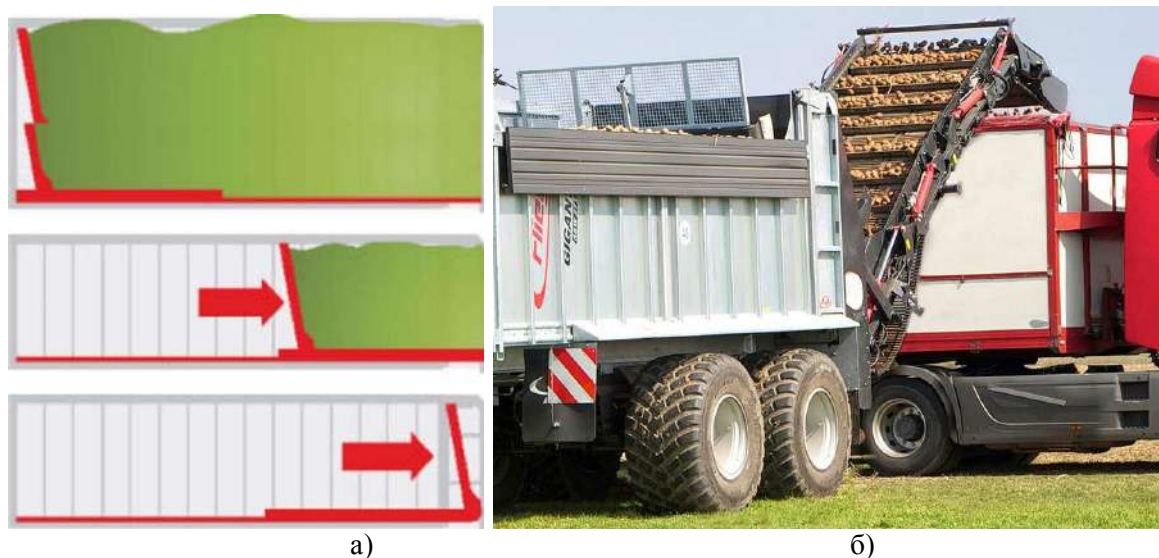


Рисунок 3 – Прицеп Fliegl ASW:

а – выдвигающая система FLIEGL; б – лента-транспортер «POM-Over»

Figure 3 – Fliegl ASW trailer

a – the FLIEGL sliding system; б – the "POM-Over" conveyor belt

Применение данного специализированного оборудования позволяет существенно повысить эффективность вывоза сельскохозяйственной продукции с поля. Во-первых, гидравлический складывающийся транспортер позволяет производить выгрузку или перегрузку продукции с минимальными динамическими воздействиями (высота падения клубней при перегрузке или выгрузке устанавливается меньше предельно допустимых значений посредством изменения рабочего положения транспортера «POM-Over»).

Во-вторых, конструкция самого транспортера «POM-Over» позволяет производить дополнительную доочистку сельскохозяйственной продукции. Известно, что при уборке картофеля в зависимости от условий работ (влажность и тип почвы, урожайность, настройки картофелеуборочной машины и т.д.) с поля вывозится большое количество плодородной почвы. В соответствии с агротехническими требованиями, предъявляемыми к процессу уборки, чистота клубней в таре должна составлять 80 % и более, а следовательно, в 1 тонне картофельного вороха может находиться до 200 кг растительных и почвенных примесей. При использовании стандартной транспортной техники весь объем примесей поступает в пункты послеуборочной обработки, а в случае их отсутствия – в закрома картофелехранилищ. В случаях использования прицепа-вагона ASW с лентой-транспортером «POM-Over» почва отсеивается из картофельного вороха и остается возле транспортного средства для последующего ее возвращения на поле. Исходя из вышесказанного следует, что данная специализированная техника будет востребована в средних и крупных картофелеводческих хозяйствах, обладающих обширной и современной материально-технической базой.

Из вышеописанного следует, что специализированная техника позволяет обеспечить высокую эффективность внутрихозяйственных перевозок картофеля при незначительном показателе его повреждений. Применение подобных транспортных средств могут позволить себе крупные сельскохозяйственные предприятия. Мелкие производители, которые собирают до 80 % урожая картофеля в РФ, в своем арсенале преимущественно имеют лишь универсальные модели – тракторные самосвальные прицепы/ полуприцепы. Следовательно, перспективным направлением научных изыскания является совершенствование их конструкции.

Материалы и методы. Для оценки возможности повреждения клубней картофеля при их разгрузке из самосвального кузова транспортного средства произведем соответствующие расчеты [10].

Исходя из исследований контактного динамического взаимодействия клубня картофеля с поверхностью следует, что скорость падения ϑ_k должна быть меньше допустимого значения ϑ_d (таблица 1).

Определим скорость падения ϑ_k клубневого вороха при его выгрузке из самосвального прицепа:

$$\vartheta_k = \sqrt{\vartheta_n^2 + 2g \cdot h}, \quad (1)$$

где ϑ_n – начальная скорость движения клубневого вороха, м/с; g – ускорение свободного падения; h – высота падения клубней.

В начальный момент времени (в начале процесса разгрузки самосвального прицепа) $\vartheta_0 = 0$, но по мере подъема платформы клубненосный ворох выходит из состояния покоя. Для нахождения скорости падения воспользуемся формулой расчета скорости движения груза по прямоугольному желобу [2]:

$$\vartheta_n = \sqrt{2 \cdot g \cdot l \left[\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta \cdot \left(1 + \frac{n \cdot h_6}{b} \right) \right] + \vartheta_0^2}, \quad (2)$$

где l – длина платформы, м; β – угол опрокидывания платформы назад, град; f_1 – коэффициент трения груза о борта и платформу; ϑ_0 – начальная скорость груза, м/с; n – коэффициент бокового давления; b – ширина платформы, м. $b = 2,22$ м; h_6 – высота заднего (основного) откидного борта.

Используя технические характеристики тракторного прицепа 2ПТС-4 и выражения (1) и (2), получаем значение $\vartheta_k = 7,09$ м/с. Принимая во внимание данные таблицы 1, имеем, что клубень картофеля в процессе разгрузки самосвального кузова транспортного средства с высокой вероятностью получит механическое повреждение при падении на любую поверхность (в том числе и на лежащие клубни).

Результаты и обсуждение. Для снижения повреждений клубней картофеля в процессе их выгрузки из транспортных средств было разработано универсальное навесное перегрузочное устройство для самосвальных тракторных прицепов [1].

В качестве примера на рисунке 4 представлено навесное перегрузочное устройство, установленное на самосвальный тракторный прицеп 2ПТС-4.

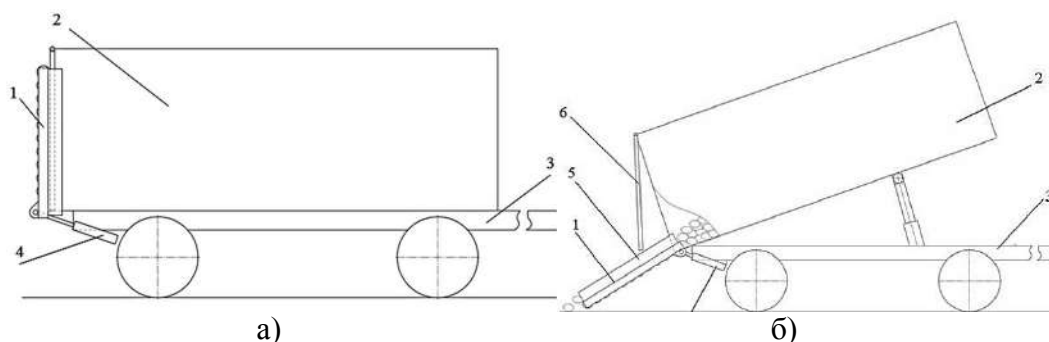


Рисунок 4 – Самосвальный тракторный прицеп с навесным перегрузочным устройством: а – кузов в транспортном положении; б – кузов при разгрузке; 1 – транспортер; кузов; 3 – рама прицепа; 4 – гидроцилиндр подъема; 5 – упругие боковины; 6 – откидной борт

Figure 4 - Dump tractor trailer with mounted reloading device:
a – body in transport position; б – body when unloading; 1 – conveyor; body; 3 – trailer frame; 4 – hydraulic lifting cylinder; 5 – elastic sidewalls; 6 – folding side.

Рассмотрим преимущества предлагаемого технического решения [10]. Во-первых, навесное устройство позволяет производить выгрузку картофельного вороха как в пункт послеуборочной доработки, так и непосредственно в закрома картофелехранилища. При этом решается главная проблема самосвальных кузовов транспортных средств и полуприцепов – высота падения клубней при выгрузке сводится к минимуму. Во-вторых, ролики навесного устройства имеют гидропривод – что обеспечивает возможность регулировки подачи вороха через частично открытый задний откидной борт без сгруживания. В-третьих, ролики устройства имеют резиновые выступы, с одной стороны, препятствующие повреждению клубней при выгрузке, а с другой, – удерживающие имеющиеся в прицепе почвенные и растительные примеси. И самое главное: предлагаемое устройство имеет сравнительно невысокий вес (в отличие от транспортера «РОМ-Over», где используется сложная система гидроприводов), и может быть использовано с большинством отечественных прицепов и полуприцепов.

Процесс выгрузки картофеля из прицепа протекает следующим образом. После открытия заднего откидного борта ворох поступает на роликовый транспортер. Благодаря вращению роликов (рис. 5) клубни продвигаются по полотну с дополнительным ускорением. Это особенно важно, если угол наклона транспортера составляет 45 градусов и менее (например, при перегрузке в контейнер с высокими бортами).

Наличие на роликах упругих выступов позволяет бережно отделять почвенные примеси из картофельного вороха (клубни продвигаются по вершинам упругих выступов роликов, а почвенные примеси остаются между ними и удаляются в процессе вращения роликов) [10].

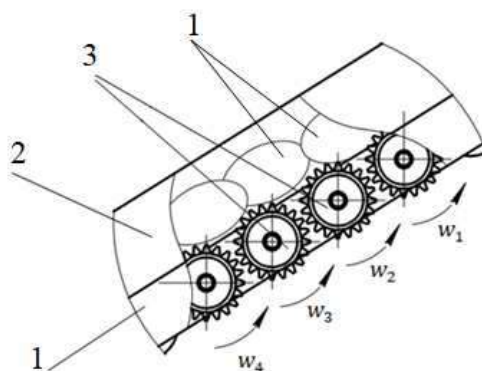


Рисунок 5 – Навесное перегрузочное устройство:

1 – рама; 2 – упругая боковина; 3 – ролики; 4 – клубни; w_i – частоты вращения роликов.

Figure 5 – Mounted overload device:

1 – frame; 2 – elastic sidewall; 3 – rollers; 4 – tubers; w_i – roller rotation speed.

Если же сравнивать эффективность функционирования данного навесного перегрузочного устройства с аналогичными средствами, например с полуприцепом-самосвалом с донным транспортёром, то получим следующие преимущества:

- скорость выгрузки картофеля при использовании навесного перегрузочного устройства практически сопоставима со скоростью выгрузки из серийного самосвального кузова;
- универсальность модифицируемого транспорта, так как монтаж навесного перегрузочного устройства не требует значительных конструктивных изменений самосвального кузова, а его установка производится оперативно и без привлечения высококвалифицированного персонала.

Самосвальный тракторный прицеп 2ПТС-4 с навесным перегрузочным устройством был задействован в ходе массовой уборки картофеля на полях Рязанской области. Было установлено, что количество клубней с механическими повреждениями уменьшилось с 9 % до 6,5% в сравнении с базовой моделью [6]. Суммарный экономический эффект на 1 тонну перевезенного груза составил 199,73 руб. в ценах 2021 года.

Выводы. В ходе научных изысканий для снижения повреждений клубней при машинном производстве картофеля была разработана конструкция навесного перегрузочного устройства для самосвалов тракторных прицепов отечественного производства.

Целесообразность применения навесного перегрузочного устройства на самосвальном тракторном прицепе «ПТС-4» подтверждена положительным экономическим эффектом.

Библиографический список

1. Анализ процесса выгрузки клубней из транспортного агрегата с усовершенствованным самосвальным кузовом / О.В. Филюшин, М.Ю. Костенко, И.А. Успенский, И.А. Юхин, А.И. Ушанев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 1 (45). С. 107-114.
2. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1952. 218 с.
3. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С.С. Туболев и др.; под общ. ред. Н. Н. Колчина. М.: Агроспас, 2010. 311 с.
4. Саврасова Н.Р. Анализ контактного динамического взаимодействия клубня картофеля с поверхностью // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. №1(2). С. 493-498.
5. Снижение повреждений сельхозпродукции при транспортировке / А.А. Усольцев, А.А. Панова, И.А. Юхин, А.А. Голиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2021. Т. 13. № 3. С. 106-111.
6. Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / А.А. Симдянкин, И.А. Успенский, Л.П. Белю, О.В. Филюшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 346-356.
7. Успенский И.А., Юхин И.А., Голиков А.А. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство // Техника и оборудование для села. 2019. № 10 (268). С. 26-29.
8. Успенский И.А., Юхин И.А., Голиков А.А. Снижение травмирования корнеклубнеплодов при их перевозке самосвальным транспортным средством // Техника и оборудование для села. 2020. № 6 (276). С. 22-25.
9. Формирование комплекса картофелеуборочных и транспортных машин / И.А. Успенский, И.А. Юхин, А.В. Мачнев, А.А. Голиков // Техника и оборудование для села. 2021. № 2 (284). С. 27-31.
10. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex. N.V. Byshov et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 341. 012145.
11. Increasing the Safety of Agricultural Products During Its Transportation and Unloading. Byshov N.V. et al 2018 ACM International Conference Proceeding Series. P. 176-179.
12. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures. S N Borychev et al 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 965. 012048.

Информация об авторах

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой «Автомобильная техника и теплоэнергетика» Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, доцент, тел. 89038344318, e-mail: yuival@rambler.ru.

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор тел. 89036400593, e-mail: ivan.uspenckij@yandex.ru.

Эвиев Валерий Андреевич, профессор кафедры «Агроинженерия» Калмыцкого государственного университета имени Б.Б. Городовикова (РФ, 358000, Респ. Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11), доктор технических наук, профессор, тел. (84722) 4-10-05, e-mail: uni@kalmsu.ru

Голиков Алексей Анатольевич, доцент кафедры технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), кандидат технических наук, тел. 89155988347, e-mail: golikov.rgatu@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-53

CONDITIONS FOR PLACING THE HEELS OF THE COULTER ON THE DEVELOPED SECTION OF THE SEEDERS FOR SOWING SEADS OF SOYBEANS AND MELON

V. A. Tseplyaev, A. M. Magomedov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 16.03.2022

Submitted 25.04.2022

Abstract

Introduction. The use of artificial hydrogel granules promotes improved plant development. Granules introduced into the soil absorb moisture, thereby concentrating sources of moisture in the immediate vicinity of the seeds. However, for the rational use of granules, it is necessary to study the issue of introducing hydrogel into the soil. This is directly affected by the placement of the heels on the upgraded coulters. **Materials and methods.** For the introduction of enriched granules into the soil, we have developed a section of a seed drill for sowing soybean and melon seeds together with hydrogel. The introduction of granules into the soil is provided by a modernized polozovidny coulters with two heels installed on it for the sowing seeds and the introduction of hydrogel into the soil. Mathematically, the conditions for the competent installation of the toe, both in the longitudinal direction and in the transverse direction, were determined. **Results and conclusions.** According to the results of the study, the conditions for the rational placement of two coulters feet were obtained.

Keywords: *seeder section, precision seeding drill, seed sowing, vegetable crops, melons, hydrogel, hydrogel granules, coulters, placement of coulters heels, coulters heels.*

Citation. Tseplyaev V.A., Magomedov A.M. Conditions for placing the heels of the coulters on the developed section of the seeder for sowing seeds of soybeans and melon. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 430-438 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-53.

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

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

УДК 631.33.024.2

УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЯТ СОШНИКА НА РАЗРАБОТАННОЙ СЕКЦИИ СЕЯЛКИ ПРИ ПОСЕВЕ СЕМЯН СОИ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

В. А. Цепляев, кандидат технических наук, доцент

А. М. Магомедов, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 16.03.2022

Дата принятия к печати 25.04.2022

Актуальность. Использование искусственных гранул гидрогеля способствует улучшенному развитию растений. Гранулы, внесенные в почву, впитывают в себя влагу, тем самым концентрируя источники влаги в непосредственной близости от семян. Однако для рационального использования гранул необходимо изучить вопрос внесения гидрогеля в почву. На это напрямую

влияет размещение пят на модернизированном сошнике. **Цель работы** – изучение вопроса правильного размещения пят на модернизированном полозовидном сошнике. **Материалы и методы.** Для внесения обогащенных гранул в почву нами была разработана секция сеялки для посева семян сои и бахчевых культур вместе с гидрогелем. Внесение гранул в почву обеспечивается модернизированным полозовидным сошником с установленными на нем двумя пятами для посева семян и внесения гидрогеля в почву. Математически определялись условия установки пят как в продольном направлении, так и в поперечном. **Результаты и выводы.** По результатам исследования были получены условия рационального размещения двух пят сошника.

Ключевые слова: секции сеялки, сеялки точного высева, посев семян овощных культур, гранулы гидрогеля, сошники, пята сошника.

Цитирование. Цепляев В. А., Магомедов А. М. Условия размещения пят сошника на разработанной секции сеялки при посеве семян сои и бахчевых культур. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 430-438. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-53.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из факторов повышения урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур является их влагообеспеченность [12]. Волгоградская область с засушливым климатом и бедными по питательному составу почвами находится в зоне рискованного земледелия. Соответственно, проблема обеспечения сельскохозяйственных культур влагой для их развития является актуальной для нашего региона.

Влажность почвы влияет на растение на всех этапах его развития, а поскольку в развитии растений появляются засушливые периоды, то необходимо внести в почву средство, удерживающее влагу [3, 7, 13]. Использование влагосорбирующих сополимеров, внесенных в почву, помогает решить вопрос влагообеспеченности растения [1, 2, 14]. Корневая система развивающихся растений достигает насыщенные влагой гранулы, внесенные в непосредственной близости от семени [8, 10, 11].

Материалы и методы. Для механизации процесса внесения гранул в почву вместе с посевом семян сои и бахчевых культур на кафедре «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета была разработана секция сеялки для посева семян сои и бахчевых культур одновременно с насыщенным гидрогелем [6].

В конструкции секции сеялки предусмотрен полозовидный сошник, который был модернизирован для внесения гранул гидрогеля путем установки второй пята, регулируемой по глубине относительно первой.



Рисунок 1 – Модернизированный полозовидный сошник для одновременного посева семян сои и бахчевых культур и внесения гранул гидрогеля (вид справа)

Figure 1 – Upgraded polozovidny coulter for simultaneous sowing of seeds of soybean and melon crops and the introduction of hydrogel granules (right view)

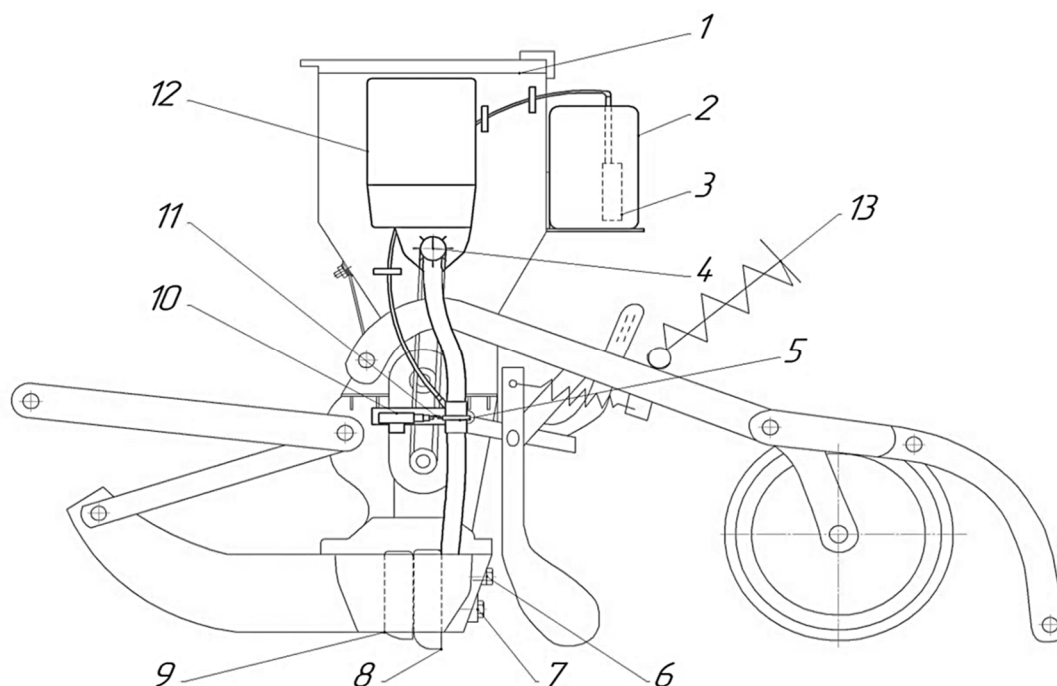


Рисунок 2 – Устройство секции сеялки для одновременного посева и внесения гидрогеля:
1 – бункер для семян; 2 – бак для жидких удобрений; 3 – насос; 4 – катушка; 5 – заслонка;
6,7 – регулировочные болты; 8 – пята для гидрогеля; 9 – пята для семян; 10 – активатор;
11 – тяга; 12 – бункер для гидрогеля; 13 – пружина

Figure 2 – Device of the seeder section for simultaneous sowing and hydrogel application:
1 – seed hopper; 2 – tank for liquid fertilizers; 3 – pump; 4 – coil; 5 – flap; 6,7 – adjusting bolts;
8 – heel for hydrogel; 9 – heel for seeds; 10 – activator; 11 – thrust; 12 – hopper for hydrogel; 13 – spring



Рисунок 3 – Расположение пят модернизированного сошника (вид сзади)

Figure 3 – Location of the feet of the upgraded coulter (rear view)

Результаты и обсуждение. Расстояние между бороздообразующими пятнами сошника должно обеспечивать формирование некоторой разделительной почвенной стенки, а кроме того, исключать перемешивание почвы вдоль направления движения пят сошника [4].

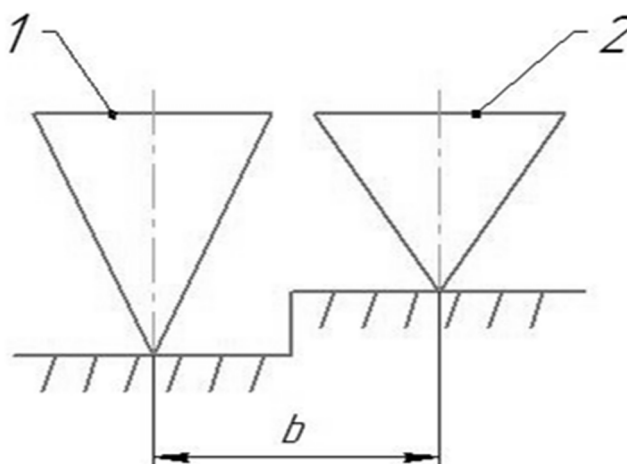


Рисунок 4 – Схема расположения пят полозовидного сошника для посева семян одновременно с гидрогелем (вид сзади):

1 – пят для формирования бороздки под гидрогель;

2 – пят для формирования бороздки под семена

Figure 4 – Diagram of the location of the heels of the polozovidny coulter for sowing seeds simultaneously with hydrogel (rear view):

1 – a heel for forming a groove for hydrogel; 2 – a heel for forming a groove for seeds

Деформация почвы от воздействия пят сошника будет приводить к образованию двух бороздок, но при этом плоскости деформации могут пересечься, что приведет к разрушению почвенной стенки и смещению почвы по направлению движения [5, 9]. Рассмотрим это явление на рисунке 5:

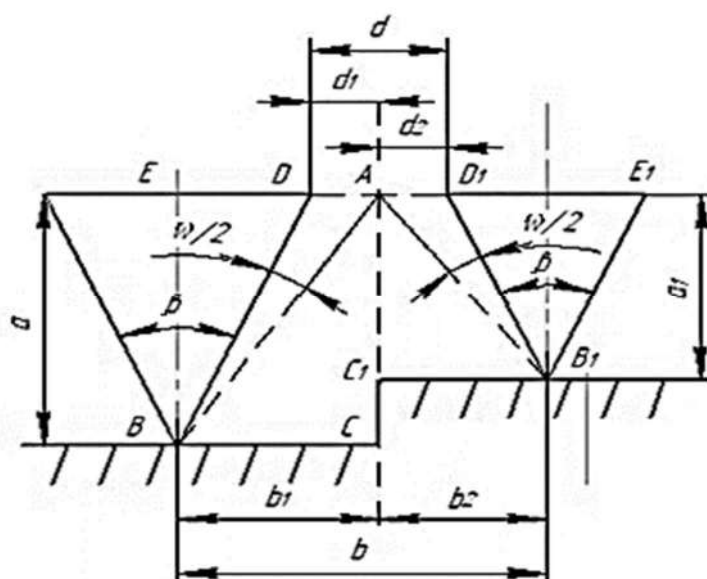


Рисунок 5 – Схема деформации почвой пятнами сошника

Figure 5 – Diagram of soil deformation by coulter heels

Определим предельно допустимое расстояние b_1 из треугольника ABC:

$$b_1 = a \cdot \operatorname{tg} z \left[\frac{\pi}{2} - \left(\frac{\beta}{2} + \frac{\omega}{2} \right) \right]. \quad (1)$$

Соответственно:

$$b_2 = a_1 \cdot \operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{2} - \left(\frac{\beta}{2} + \frac{\omega}{2} \right) \right]; \quad (2)$$

$$b = b_1 + b_2 = a_1 \cdot \operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{2} - \left(\frac{\beta}{2} + \frac{\omega}{2} \right) \right] + a \left[\operatorname{tg} \cdot \frac{\pi}{2} - \left(\frac{\beta}{2} + \frac{\omega}{2} \right) \right], \quad (3)$$

где a_1 – глубина сформированной бороздки для семян, м; a – глубина заделки гидрогеля, м; β – угол клина, град; ω – угол трения почвы о почву, град.

Отсюда предельно допустимое расстояние между вершинами пят (т. В и т. В1), в окончательном виде запишется:

$$b \geq 2(a_1 + a) \cdot \operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{2} - \left(\frac{\beta + \omega}{2} \right) \right]. \quad (4)$$

При этом условии образование стенки между пятнами сошников гарантировано. Расстояние $D - D_1$ будет зависеть в основном от конструктивных особенностей сошника, но из треугольников B_1AD_1 и $B_1E_1D_1$:

$$d_2 = a_1 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta + \omega}{2} \right) - a_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = a_1 \left(\operatorname{tg} \cdot \frac{\beta}{2} + \frac{\omega}{2} - \operatorname{tg} \cdot \frac{\beta}{2} \right) = a_1 \cdot \operatorname{tg} \cdot \frac{\omega}{2}. \quad (5)$$

Соответственно, по аналогии из треугольников BEA и BED:

$$d_1 = a \cdot \operatorname{tg} \omega / 2. \quad (6)$$

Следовательно, общее расстояние у основания пят определяется:

$$d = d_1 + d_2 = (a + a_1) \cdot \operatorname{tg} \cdot \frac{\omega}{2}. \quad (7)$$

На основе методики построения зон деформации почвы при воздействии клина на почву рассмотрим три возможных случая их расположения.

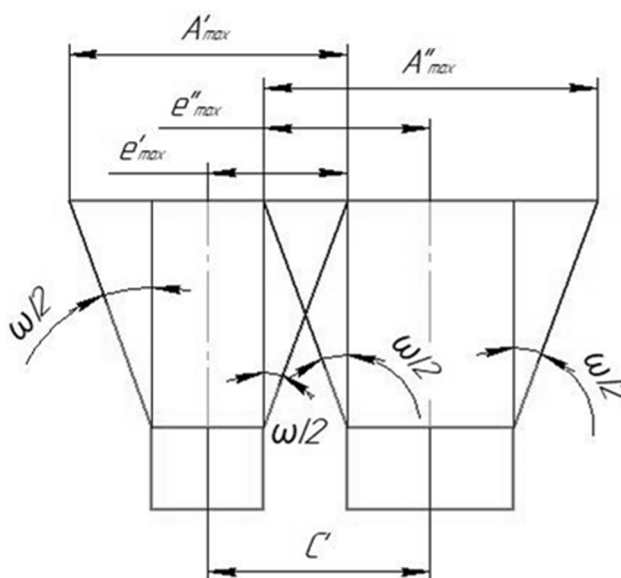


Рисунок 6 – Схема зон деформации при их пересечении

Figure 6 – Diagram of deformation zones at their intersection

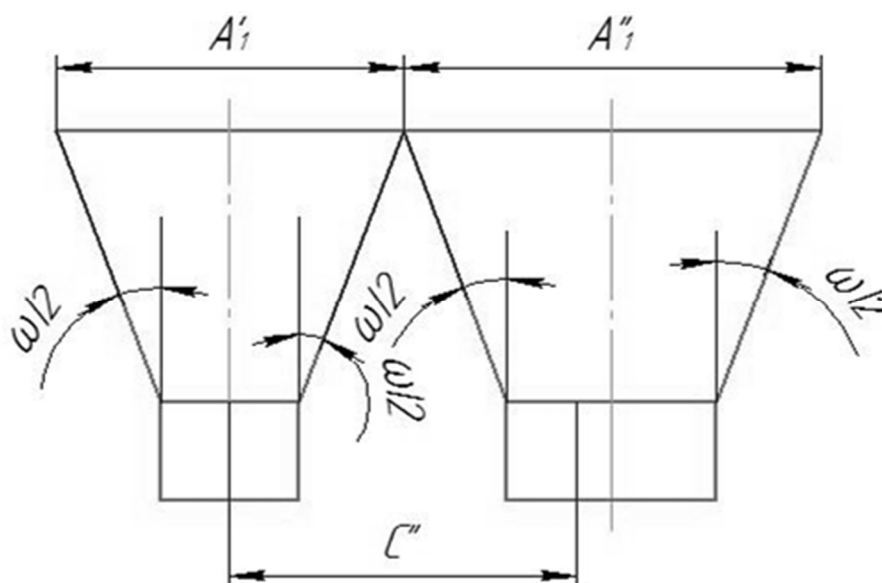


Рисунок 7 – Схема зон деформации при касании друг друга

Figure 7 – Diagram of deformation zones when touching each other

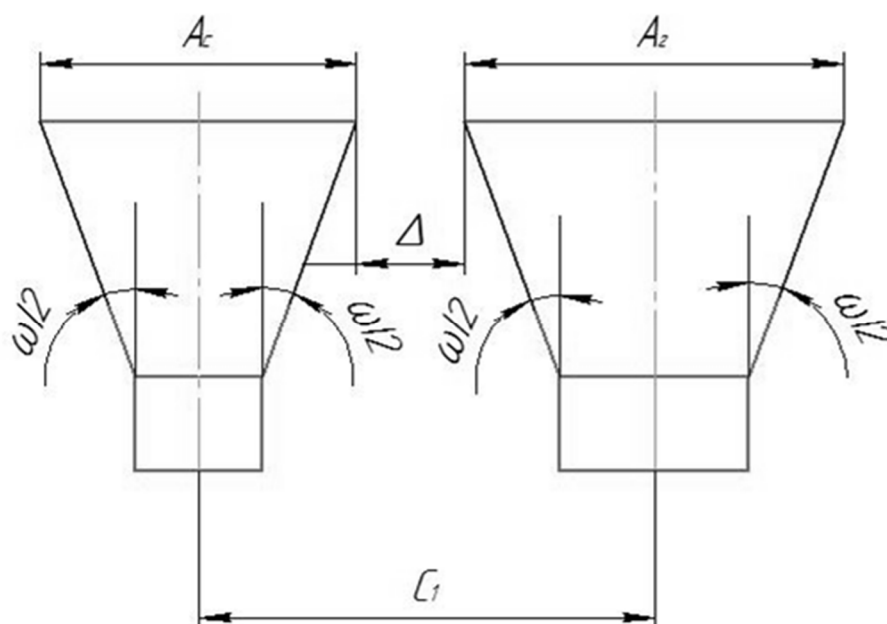


Рисунок 8 – Схема при расположении зон деформации на некотором расстоянии

Figure 8 – Diagram when the deformation zones are located at a certain distance

Наиболее рациональное их расположение, когда они находятся в одной плоскости по направлению движения. При таком расположении семена и гидрогель находятся на одной линии, что соответствует задачам данной работы. Но если расстояние между точками небольшое, то зоны деформации почвы пересекаются. Произойдёт их наложение друг на друга, что приведет к волочению почвы вдоль направления движения и смещению семян и гидрогеля относительно друг друга.

В первом варианте зоны деформации почвы от действия гидрогеля и семян пересекаются, что приводит к сгуживанию и перемещению слоя почвы по ходу движения сошника. Кроме этого, между пятнами для формирования бороздок под гидрогель и се-

мена достаточно небольшое расстояние, чтобы в последующем успешно развиваться корневой системе растений. Во втором варианте зоны деформации касаются друг друга, что обеспечивает наиболее благоприятные условия для развития корневой системы растений. В третьем варианте расстояние между семенами и гидрогелем существенно увеличено, что не позволяет успешно развиваться растениям в первоначальный момент.

Наиболее верным является второй вариант, показанный на рисунке 7. В этом случае величина зоны деформации составит:

$$C'' = \frac{A'_1 + A''_1}{2}, \quad (8)$$

где A'_1 - ширина пяты для внесения семян, мм; A''_1 - ширина пяты для внесения гидрогеля, мм.

Поскольку сошник, как ранее отмечалось, имеет две пяты и их расстояние в поперечной плоскости определено ранее, то далее необходимо рассмотреть условие, необходимое для установки пят вдоль направления поступательного перемещения сошника [12, 13]. Это условие должно исключать наложение плоскостей деформации внутри почвы от одной и другой пят. Для нахождения расстояния между пятами воспользуемся схемой, изображенной на рисунке 9:

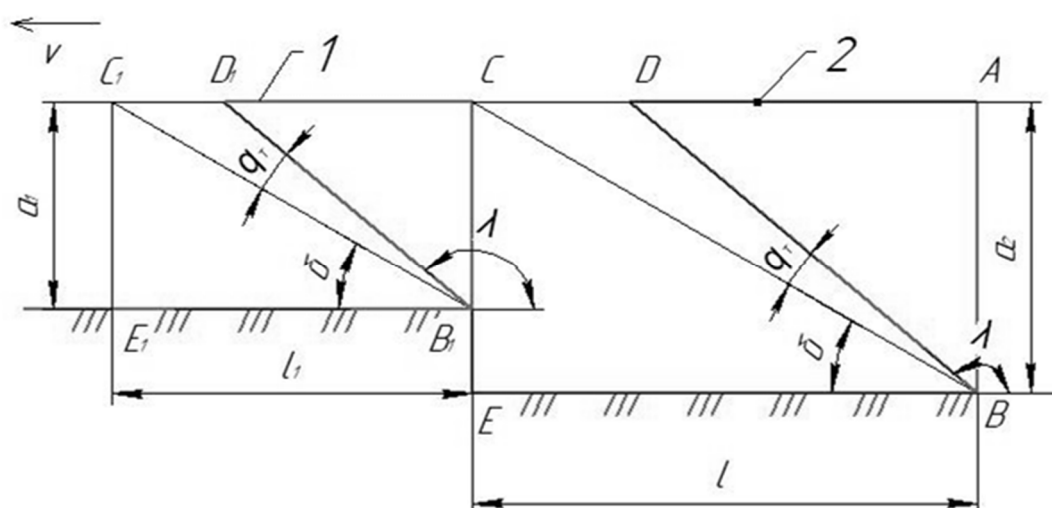


Рисунок 9 – Схема размещения пят сошника для определения предельного расстояния между ними: 1 – пята для образования бороздки под семена; 2 – пята под гидрогель; λ – угол наклона лезвия пят к дну борозды; a₁ и a₂ – глубина хода бороздообразующей пяты под семена и гидрогель соответственно; φ – угол трения пяты о почву; l – смещение пяты для посева семян относительно пяты для гидрогеля

Figure 9 – The layout of the coulter's heels to determine the maximum distance between them:

1 – the heel for the formation of a groove for seeds; 2 – the heel for hydrogel; λ – the angle of inclination of the blade of the heel to the bottom of the furrow; a₁ and a₂ – the depth of the furrow-forming heel for seeds and hydrogel, respectively; φ – the angle of friction of the heel on the soil; l – the displacement of the heel for sowing seeds relative to the heel for hydrogel

Рассмотрим прямоугольный треугольник ΔBCE. Катет BE = C. Тогда учитывая ранее указанные параметры запишем, что:

$$BE = C = a_2 \cdot \operatorname{tg} \delta = a_2 \cdot \operatorname{tg} [\pi - (\lambda + \varphi)]. \quad (9)$$

Аналогично ΔB₁C₁E₁ :

$$B_1E_1 = a_1 \cdot \operatorname{tg} [\pi - (\lambda + \varphi)]. \quad (10)$$

Отсюда величина l будет равна:

$$l = a_1 \cdot tg[\pi - (\lambda + \varphi)] + (a_2 - a_1)tg[\pi - (\lambda + \varphi)]. \quad (11)$$

Полученное выражение не позволяет установить истинную зависимость l от глубины заделки гидрогеля, поэтому необходимо учесть некоторые физико-механические и биологические особенности развития корневой системы растений.

После посева семян во влажную почву они начинают прорастать. Появившийся росток направляется в глубь почвы, в более влажные её слои. Соответственно гранулы гидрогеля, удерживающие влагу, должны располагаться ниже глубины посева семян. Это величина определена в некоторых исследованиях и находится в пределах $(0,3...0,4)a_1$, то есть в среднем можно записать:

$$(a_2 - a_1) = \Delta = 0,35 \cdot a_1. \quad (12)$$

Отсюда общее значение расстояния между пятами сошников l_x равно:

$$l_x = a_1 \cdot tg[\pi - (\lambda + \varphi)] + 0,35 \cdot a_1 \cdot tg[\pi - (\lambda + \varphi)] = 1,35 \cdot a_1 \cdot tg[\pi - (\lambda + \varphi)] = k_p a_1 \cdot tg(\lambda + \varphi). \quad (13)$$

Вместо конкретного числового значения введён некоторый коэффициент, учитывающий развитие ростка до его взаимодействия с гидрогелем, т.е. в формулу подставим значения K_p , который учитывает отношение фактической разности глубины внесения гидрогеля и посева семян к разности рекомендуемой агротехническими требованиями. Это отношение запишем в виде:

$$K_p = \frac{\Delta a_\phi}{\Delta a_0}, \quad (14)$$

где Δa_ϕ – фактическая разность глубины посева гидрогеля; Δa_0 – разность, рекомендуемая агротехническими требованиями.

Значение $K_p \geq 1$ гарантирует взаимодействие ростка с гидрогелем. Следовательно, аналитическое выражение будет представлено в виде:

$$l = K_p \cdot a_1 \cdot tg[\pi - (\lambda + \varphi)]. \quad (15)$$

Выводы. Модернизированный полозовидный сошник, установленный на разработанной секции сеялки, оборудован двумя пятами, одна из которых регулируется по глубине внесения относительно другой и позволяет вносить гранулы гидрогеля одновременно с операцией посева. Сошник был разработан с учетом особенностей конструкции сеялки, обладающей некоторыми недостатками, влияющими на качественное выполнение операции посева. Исходный сошник обеспечивает посев семян сои и бахчевых культур вместе с одновременным внесением гранул. При этом пята для посева и пята для внесения гранул установлены таким образом, что при работе образуют единственную бороздку. Соответственно, семена и гранулы будут находиться в почве в одной бороздке. Однако внесение гидрогеля необходимо производить на большую глубину, чем глубина посева семян, для использования гранул корневой системой растений.

В модернизированном полозовидном сошнике пята для внесения гранул установлена таким образом, что при работе секции сеялки образуются две бороздки: одна для посева семян, а другая – для внесения гранул. Рациональное расстояние между бороздообразующими пятами во время выполнения технологического процесса обеспечивает образование разделительной почвенной стенки, исключающей перемешивание почвы. Плоскости деформации почвы при этом не накладываются друг на друга. Благодаря этому обеспечивается качественное выполнение технологической операции посева.

Библиографический список

1. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35-38.
2. Влагообеспеченность обрабатываемого слоя почвы при различных технологиях возделывания / С. И. Камбулов [и др.] // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 4 (25). С. 222-227.
3. Данилова Т. Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // Агрофизика. 2016. № 1. С. 8-16.
4. Исследование взаимодействия комбинированного сошника с почвой / А. С. Аванькина [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2017. № 3 (70).
5. К вопросу создания инновационных конструкций и технологических схем сошников для посевных агрегатов / В. Р. Петровец [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4.
6. Магомедов А. М. Разработка посевной секции для механизированного посева семян овощных культур совместно с гидрогелем // Материалы XXV региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. С. 193-196.
7. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11 (2).
8. Результаты исследования влияния гидрогеля на формирование всходов тыквы "Волжская серая" на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В. И. Филин [и др.] // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51).
9. Результаты лабораторного эксперимента комбинированного сошника / А. С. Фирсов [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2020. № 5 (108).
10. Цепляев А. Н., Цепляев В. А., Магомедов А. М. Разработка и исследование секции сеялки для посева семян овощных и бахчевых культур одновременно с гидрогелем // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 380-389.
11. Цепляев А. Н., Тимошенко В. В. Сохранение плодородия почвы при использовании различных способов механизированного внесения тукообогащенного гидрогеля // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1. С. 195-201.
12. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / Andreas Ioannou [et al.] // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. No 104048.
13. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies / S. S. Rathore [et al.] // Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). P. 531-541.
14. Nosevich M. Increasing yield of oil flax by improving technological process of sowing seeds together with hydrogel granules // Engineering for Rural Development. 2020. № 19. Pp. 826-832.

Информация об авторах

Цепляев Виталий Алексеевич, ректор, доцент, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский 26), тел. +7 (8442) 41-17-84.

Магомедов Абдулвагаб Магомедович, аспирант кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский 26), тел. +7 (8442) 41-15-10, vagabmagomedov@mail.ru.

RESEARCH AND MATHEMATICAL MODELING OF THE KINETICS OF DRYING WINTER WHEAT GRAIN

S. I. Bogdanov, A. P. Darmanyany, M. A. Markin

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 19.04.2022

Submitted 26.05.2022

Abstract

Introduction. Grain drying is an integral part of the post-harvest processing of grain crops, in particular winter wheat grains. An important technological parameter of the grain drying process is the drying time, which determines the size of the equipment and its performance. The grain drying time depends on the type of grain crop, its initial moisture content, gluten content and drying temperature. The results of experimental studies of the grain drying process are known. However, at present, the kinetic regularities of the grain drying process have not been studied, and a mathematical model has not been found by which it would be possible to determine the drying time from the initial moisture content to the final one, depending on the characteristics of the grain and the drying temperature. **Object.** The object of the study was the kinetics of the drying process of winter wheat grain obtained from the Training and Research and Production Center «Gornaya Polyana» (Volgograd) with a gluten content of 26,4 and 31,2 under laboratory conditions. Grain in the amount of 15 g with an initial moisture content in the range (17,5-24%) was dried using a moisture meter of the MX-50 weight series at a temperature from 100 °C to 160 °C with an interval of 10 °C. The initial moisture content of the grain was determined by moistening it and checking the actual moisture content using dielcometric moisture meters SUPERTECH AGROLA and Wile 55. During the drying process, grain mass values were recorded at certain intervals and recalculation was carried out to determine the moisture content. There were 42 experiments, 21 for each gluten value, at an ambient temperature of 23°C and a relative humidity of 48%. **Materials and methods.** An analysis of the obtained drying curves showed that the kinetics of winter wheat grain drying is a complex non-linear process in time, in which grain moisture changes from the initial value to the final value, which depends on the drying temperature. Using all the experimental grain drying curves obtained for 2 values of gluten (26.4 and 31.2), 3 values of initial moisture content and 7 values of temperature in the range of 100 - 160 °C, drying times τ_c (sec) were determined as the time required for the grain to reach the final moisture content $W_k = 14\%$. On the basis of multiple correlation and regression analysis, it was shown that the gluten of winter wheat grain (26.4 and 31.2) does not have a significant effect on the drying time, while the drying temperature and the initial moisture content of the grain are indicators that determine the drying time from the value of the multiple correlation coefficient is 0.952. Using the methods of multiple regression analysis, a linear mathematical model was found to determine the drying time τ_c and the statistical significance of the coefficients for its two indicators (initial moisture content W_0 , % and drying temperature T °C) was proved in the following form: $\tau_c = 123,2 + 10,4 * W_0 - 1,4 * T + \varepsilon$ (sec). **Results and conclusions.** The kinetic curves of the drying process of winter wheat grains depending on the initial moisture content and drying temperature have been obtained. It was revealed that the gluten of winter wheat within 26,4 – 31,2 does not affect the drying time. A linear mathematical model has been found to determine the drying time τ_c depending on the initial moisture content of the grain and the drying temperature. It is proved that both indicators (initial humidity and temperature) have the same elasticity in relation to the drying time. Based on a comparison of the calculated values of τ_c with the actual values of the drying times, it is shown that the average relative error in determining τ_c is 11%, which indicates a “good” quality of the found mathematical model.

Key words: grain, winter wheat, initial moisture, gluten, drying temperature, drying kinetics, modeling, correlation analysis, regression analysis.

Citation: Bogdanov S.I., Darmanyany A.P., Markin M.A. Research and mathematical modeling of the kinetics of drying winter wheat grain. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 439-448 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-54.

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 51-74:664.7.047

**ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КИНЕТИКИ СУШКИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ****С. И. Богданов**, кандидат технических наук, доцент**А. П. Дарманиян**, доктор технических наук, профессор**М. А. Маркин**, ассистент*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 19.04.2022

Дата принятия к печати 26.05.2022

Актуальность. Сушка зерна является неотъемлемой частью послеуборочного процесса обработки зерновых культур, в частности зерна озимой пшеницы. Важным технологическим параметром процесса сушки зерна является время сушки, которое определяет размеры оборудования и его производительность. Время сушки зерна зависит от сорта зерновой культуры, его начальной влажности, содержания в ней клейковины и температуры сушки. Известны результаты экспериментальных исследований процесса сушки зерна. Однако в настоящее время не изучены кинетические закономерности процесса сушки зерна, а также не найдена математическая модель, с помощью которой можно было бы определять время сушки от начальной влажности до конечной, в зависимости от характеристик зерна и температуры сушки. **Материалы и методы.** Объектом исследования являлась кинетика процесса сушки зерна озимой пшеницы, полученной из УНПЦ «Горная поляна» (г. Волгоград) с содержанием клейковины 26,4 и 31,2, в лабораторных условиях. Зерно в количестве 15 г с начальной влажностью в диапазоне (17,5-24 %) подвергалось сушке с использованием влагомера весовой серии МХ-50 при температуре от 100 до 160 °С с интервалом 10 °С. Первоначальная влажность зерна устанавливалась путем его увлажнения и проверкой реальной влажности с помощью диэлькометрических влагомеров СУПЕРТЕХ АГРОЛА и Wile 55. В процессе сушки через определенные промежутки фиксировались значения массы зерна и проводился перерасчет для определения влажности. Было проведено 42 эксперимента по 21 эксперименту для каждого значения клейковины при температуре окружающей среды 23 °С и относительной влажности воздуха 48 %. **Результаты и обсуждение.** Анализ полученных кривых сушки показал, что кинетика сушки зерна озимой пшеницы представляет сложный нелинейный процесс во времени, в котором влажность зерна изменяется от начального значения до конечного значения, которое зависит от температуры сушки. С помощью всех полученных экспериментальных кривых сушки зерна для 2-х значений клейковины (26,4 и 31,2), 3-х значений начальной влажности и 7-ми значений температуры в интервале 100-160 °С было определено время сушки τ_c (сек) как время, необходимое для достижения зерном конечной влажности $W_k = 14$ %. На основе множественного корреляционного и регрессионного анализа показано, что клейковина зерна озимой пшеницы (26,4 и 31,2) не оказывает существенного влияния на время сушки, в то время, как температура сушки и начальная влажность зерна являются показателями, которые определяют время сушки со значением множественного коэффициента корреляции 0,952. Методами множественного регрессионного анализа найдена линейная математическая модель для определения времени сушки τ_c и доказана статистическая значимость коэффициентов для двух ее показателей (начальная влажность W_0 , % и температура сушки T , °С) в следующем виде $\tau_c = 123,2 + 10,4 * W_0 - 1,4 * T + \varepsilon$ (сек). **Выводы.** Получены кинетические кривые процесса сушки зерна озимой пшеницы в зависимости от начальной влажности и температуры сушки. Выявлено, что клейковина зерна озимой пшеницы в пределах 26,4 - 31,2 не влияет на время сушки. Найдена линейная математическая модель для определения времени сушки τ_c в зависимости от начальной влажности зерна и температуры сушки. Доказано, что оба показателя (начальная влажность и температура) имеют одинаковую эластичность по отношению к времени сушки. На основе сравнения расчетных значений τ_c с реальными значениями времен сушки показано, что средняя относительная ошибка определения τ_c составляет 11 %, что свидетельствует о «хорошем» качестве найденной математической модели.

Ключевые слова: зерно озимой пшеницы, начальная влажность зерна, клейковина, температура сушки зерна, кинетика сушки зерна.

Цитирование: Богданов С. И., Дарманян А. П., Маркин М. А. Исследование и математическое моделирование кинетики сушки зерна озимой пшеницы. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 439-448. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-54.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. Сушка зерна является неотъемлемой частью послеуборочного процесса обработки зерновых культур, в частности зерна озимой пшеницы. В процессе сушки зерно с первоначальной влажностью в пределах 17,5-24 % высушивают до конечной влажности $W_k < 14$ %. Традиционно в качестве теплоносителя для сушки зерна используют горячий воздух, который продувают через слой зерна в различных конструкциях сушилок: барабанных, шахтных, конвейерных и др. [1, 2, 5]. Важным технологическим параметром процесса сушки зерна является время сушки τ_c , которое определяет размеры оборудования и его производительность. Время сушки зерна зависит от сорта зерновой культуры, ее начальной влажности, содержания в ней клейковины и температуры теплоносителя. Известны экспериментальные исследования процессов сушки различных зерновых культур [7-10, 14], однако экспериментальные исследования процесса сушки зерна озимой пшеницы при различных значениях клейковины не проводились. Кроме того, в настоящее время математические модели кинетики сушки зерна не позволяют полностью автоматизировать процесс сушки зерна и в конечном счете создают трудности при разработке эффективной системы управления этим процессом.

В то же время в настоящее время известно много статистических методов, которые успешно используют в виде прикладных программных продуктов для математического моделирования различных сложных объектов, включая объекты сельскохозяйственного назначения [13, 15].

Целью настоящего исследования является экспериментальное исследование процесса сушки зерна озимой пшеницы и формирование на основе этих исследований математической модели для определения времени сушки в зависимости от технологических параметров и характеристик зерна.

Материалы и методы. Объектом исследования является процесс сушки зерна озимой пшеницы в лабораторных условиях. В качестве лабораторной установки использовался влагомер весовой серии МХ-50, позволяющий определять влажность сыпучих материалов при воздействии различных температурных режимов. Исходным материалом послужило зерно озимой пшеницы из УНПЦ «Горная поляна» (г. Волгоград) с характеристиками, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики исследуемого зерна

Table 1 - Characteristics of the studied grain

Содержание Клейковины / Content gluten	Качество клейковины, ИДК / Gluten quality	Натура зерна, г/л / Grain unit	Содержание белка, % / Content squirrel
26.4	82	750	15.6
31.2	102	750	17.8

При проведении экспериментов варьировались следующие показатели: содержание клейковины (26,4 и 31,2), начальная влажность зерна (17,5 % - 24 %) и температура теплоносителя от 100 °С до 160 °С с интервалом 10 °С. Всего было проведено 42

эксперимента по 21 эксперименту для каждого значения клейковины. Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. Сначала устанавливалась первоначальная влажность зерна путем его увлажнения, причем необходимая масса влаги определялась по следующей формуле [3]:

$$M = m * \left(\frac{W_k - W_0}{100 - W_0} \right), \quad (1)$$

где M – масса влаги, необходимая для достижения требуемой влажности зерна (г); m – масса увлажняемого зерна (г); W_k – требуемая влажность зерна (%); W_0 – начальная влажность зерна (%).

Реальная влажность увлажненного зерна контролировалась по пробам зерна с помощью диэлькометрических влагомеров СУПЕРТЕХ АГРОЛА и Wile 55. Затем проводился процесс сушки путем нагревания зерна пшеницы на влагомере весовом серии МХ-50: с помощью встроенных весов, отвешивали 15 граммов увлажненного зерна, выбирали встроенную программу для сушки зерна при постоянном поддержании температурного режима и в режиме реального времени снимали изменение массы зерна во времени. По истечении 40 минут высушенное зерно помещалось в диэлькометрический влагомер Wile 55 и измерялась конечная влажность зерна, затем, зная начальную и конечную влажности зерна, была определена влажность, которая соответствовала каждому значению массы зерна. Экспериментальные исследования проводились при температуре окружающей среды 23 °С и относительной влажности воздуха 48 %. В каждом эксперименте влажность зерна измерялась через определенные интервалы времени, в результате чего для каждого значения клейковины были получены кривые сушки при различных начальных влажностях и для каждой температуры в исследуемом интервале.

Результаты и обсуждение. Типичные экспериментальные кривые сушки, полученные в результате проведенного исследования, показаны на рисунках 1 и 2.

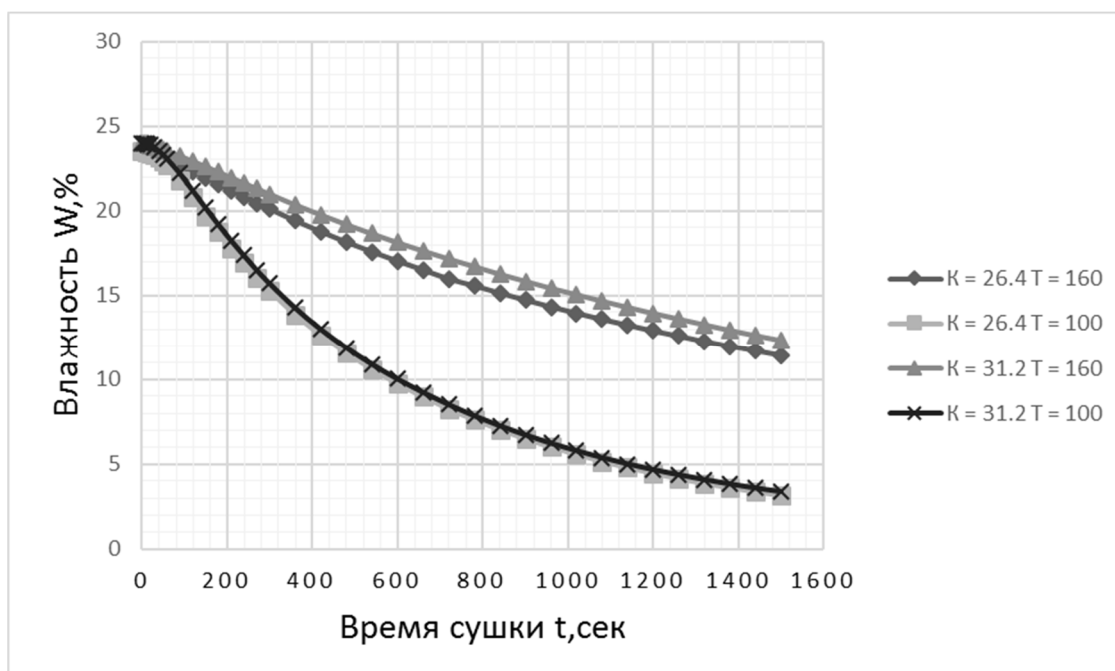


Рисунок 1 – Кривые сушки зерна озимой пшеницы с начальной влажностью 24 % при различной температуре сушки для двух значений клейковины

Figure 1 – Drying curves of winter wheat grain with an initial moisture content of 24% at different temperatures for two values of gluten

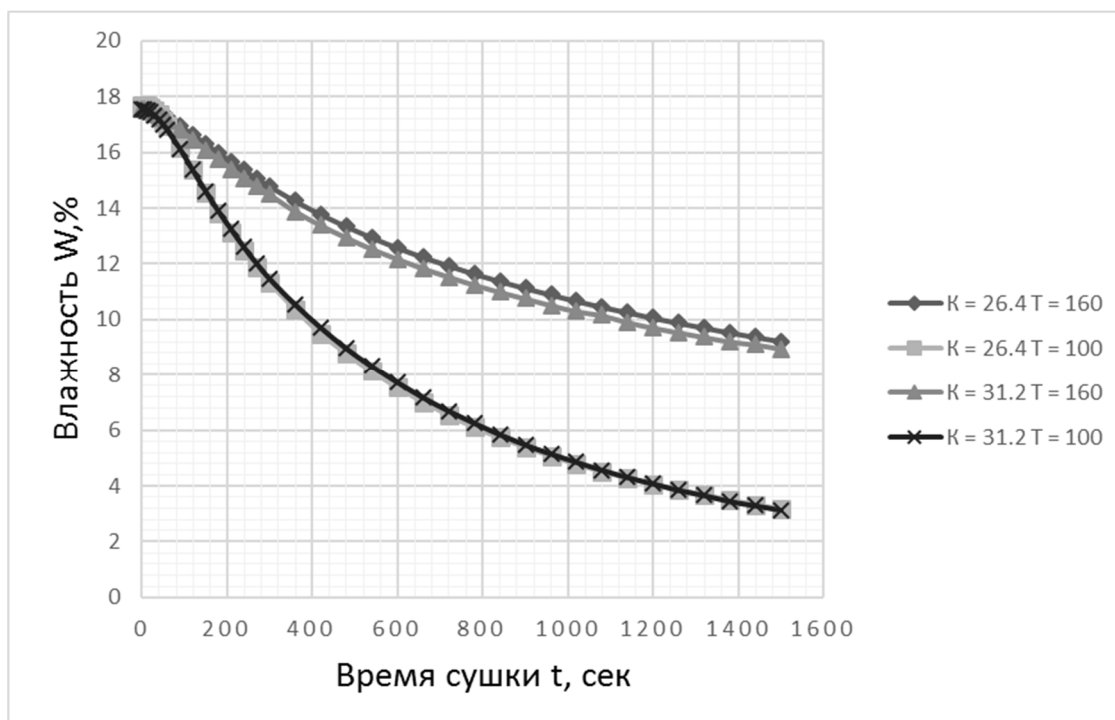


Рисунок 2 – Кривые сушки зерна озимой пшеницы с начальной влажностью 18 % при различной температуре сушки для двух значений клейковины

Figure 2 – Drying curves of winter wheat grain with an initial moisture content of 18 % at different temperatures for two values of gluten

Как видно из полученных кривых, кинетика сушки зерна озимой пшеницы представляет сложный нелинейный процесс во времени, в котором влажность зерна изменяется от начального значения до конечного значения, которое зависит от температуры сушки. Полученные нами экспериментальные кривые сушки зерна озимой пшеницы при всех исследованных параметрах имеют схожий вид с кривыми сушки, приведенными в научных работах [4, 5, 11, 12]. Но в этих работах отсутствует показатель клейковины зерна как фактора, влияющего на параметры сушки, хотя в инструкции по сушке продовольственного зерна этот фактор имеется.

С помощью всех полученных экспериментальных кривых сушки зерна для 2-х значений клейковины (26,4 и 31,2), 3-х значений начальной влажности и 7-ми значений температуры в интервале 100-160 °С было определено время сушки τ_c (сек) как время, необходимое для достижения зерном конечной влажности $W_k = 14$ %. Средствами ПП Statistica 12.0 [15] на рисунке 3 построена гистограмма всех полученных значений τ_c , из которой видно, что данное распределение близко к нормальному распределению и позволяет для дальнейшего математического моделирования использовать методы корреляционного и регрессионного анализа.

Поэтому далее с помощью найденных значений τ_c в среде MS Excel был выполнен множественный корреляционный анализ с целью выявления зависимости (тесноты связи) времени сушки τ_c от различных показателей, результаты которого в виде значений частных коэффициентов корреляции $r_{Y,X}$ приведены в таблице 2.

Как видно из полученных значений частных коэффициентов корреляции, величина клейковины зерна не оказывает существенного влияния на время сушки ($r_{Y,X} = 0,06$). В то же время самое сильное влияние на время сушки оказывает температура

сушки ($r_{Y,X} = -0,737$) и слабое влияние – начальная влажность ($r_{Y,X} = 0,582$). Значение множественного коэффициента корреляции, полученное в результате регрессионного анализа, дало величину 0,952, а значение нормированного R-квадрата – 0,897. Это говорит о том, что два показателя: «начальная влажность» и «температура сушки» – характеризуют почти 90 % объясненной дисперсии в общей дисперсии времени сушки. Все это подтверждает сделанный ранее вывод об очень сильном влиянии на время сушки только двух параметров (начальная влажность и температура сушки).

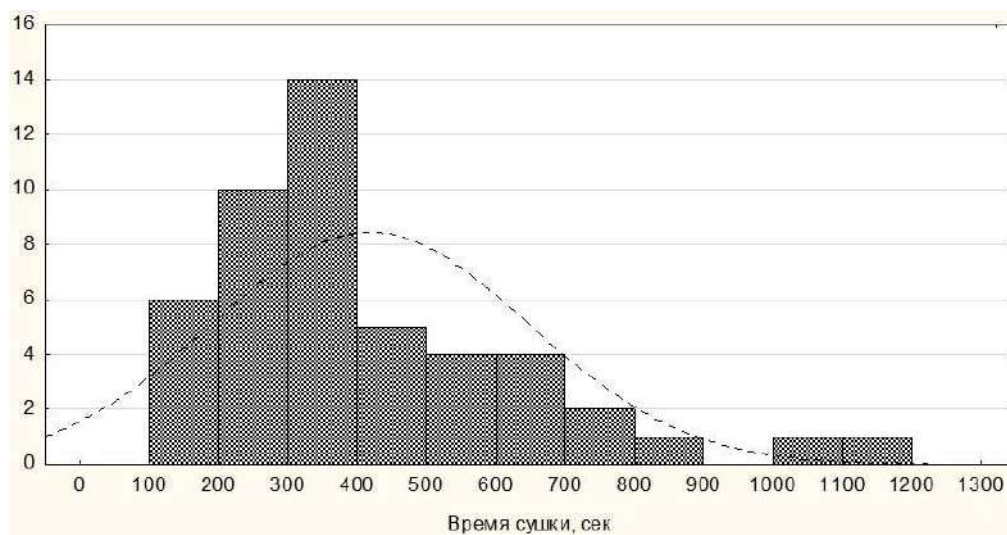


Рисунок 3 – Гистограмма распределения времен сушки для всех экспериментов: пунктирная линия – нормальное распределение

Figure 3 – Histogram of the distribution of drying times for all experiments: dotted line – normal distribution

Таблица 2 – Значения частных коэффициентов корреляции для различных показателей процесса сушки зерна озимой пшеницы

Table 2 – Values of partial correlation coefficients for various indicators of the drying process of winter wheat grain

Показатель / Indicator	Время сушки / Drying time	Начальная влажность / Initial humidity	Температура сушки / Temperature drying	Клейковина / Gluten
Время сушки / Drying time	1,000			
Начальная влажность / Initial humidity	0,582	1,000		
Температура сушки / Temperature drying	-0,737	0,000	1,000	
Клейковина / Gluten	0,060	0,000	0,000	1,000

Поэтому для математического моделирования процесса сушки зерна озимой пшеницы были использованы два показателя: начальная влажность W_0 и температура сушки T , в качестве которых были использованы их средние значения для двух значений клейковины. Предполагая линейную зависимость времени сушки от этих двух показателей, выполнили множественный регрессионный анализ в среде MS Excel, результаты которого приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты множественного регрессионного анализа для времени сушки

Table 3 – Results of multiple regression analysis for drying time

Показатель / Indicator	Коэффициент / coefficient	Стандартная ошибка / standard error	t-статистика / t-statistic	P-значение / p-value
Y-пересечение / Y- intersection	123,2	26,91	4,6	0,000
Начальная влажность / Initial humidity	10,4	1,12	9,2	0,000
Температура сушки / Temperature drying	-1,4	0,12	-11,1	0,000

Как видно из таблицы 3, найденные значения коэффициентов линейной регрессии для начальной влажности и температуры сушки статистически значимы на уровне 0,05, о чем свидетельствуют Р-значения этих коэффициентов, которые оказались близкими к нулю. Поэтому математическую модель для времени сушки зерна озимой пшеницы можно представить в виде следующей линейной зависимости:

$$\tau_c = 123,2 + 10,4 * W_0 - 1,4 * T + \varepsilon, \quad (2)$$

где τ_c – время сушки зерна (сек), W_0 – влажность высушиваемого зерна (%), T – температура сушки зерна ($^{\circ}\text{C}$), ε – случайная величина.

Для выяснения роли двух исследованных показателей в формировании результата – времени сушки далее были рассчитаны коэффициенты эластичности ε_i , которые для двухфакторной модели $Y=f(X_1, X_2)$ рассчитываются по следующей зависимости:

$$\varepsilon_i = a_i * \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}}, \quad (3)$$

где a_i – значение коэффициента i -го показателя, $\bar{X}_i$ – среднее значение i -го показателя, $\bar{Y}$ – среднее значение результата.

Для начальной влажности расчет по формуле (3) дал $\varepsilon_{W_0} = 10,4 * \frac{\bar{W}_0}{\bar{\tau}_c} = 1,26$, а для температуры сушки - $\varepsilon_T = 1,4 * \frac{\bar{T}}{\bar{\tau}_c} = 0,98$. Полученные значения эластичности свидетельствуют о том, что при изменении начальной влажности на 1 % по отношению к своему среднему значению время сушки изменится приблизительно на 1,3 % по отношению к своему среднему значению. Аналогично, при изменении температуры сушки на 1 % по отношению к своему среднему значению время сушки также изменится приблизительно на 1 % по отношению к своему среднему значению. Так как такие изменения (вариации) приблизительно равны, можно считать, что оба показателя (начальная влажность и температура) имеют одинаковую эластичность по отношению ко времени сушки.

Для проверки прогнозных качеств найденной математической модели были выполнены расчеты времени сушки по выражению (2) $\tau_{c(\text{расчет})}$, которые для сравнения с экспериментально измеренными значениями $\tau_{c(\text{эксп.})}$ представлены на рисунке 4 вместе с 95 % – доверительными интервалами в среде ПП Statistica 12.0 [15]. Из рисунка 4 ясно видно, что в интервале значений времени сушки $\tau_c = (120-160)$, сек. имеет место хорошее соответствие вычисленных значений с экспериментально измеренными значениями τ_c (линейная зависимость $\tau_{c(\text{расчет})} = \tau_{c(\text{эксп.})}$) на уровне значимости 0,05 (95 % – доверительный интервал). Небольшие отклонения имеют место при очень малых временах сушки (меньше 120 сек) и при больших (более 280 сек).

Так как ранее было доказана справедливость нормального распределения для всех экспериментально измеренных времен сушки (рисунок 3), то для количественной оценки точности расчетов τ_c по модели (2) была вычислена средняя относительная ошибка $E_{отн.}$:

$$E_{отн.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\tau_i - \tau_{i\text{ расч.}}|}{\bar{\tau}} * 100 = 11\%, \quad (4)$$

где τ_i – экспериментальное значение времени сушки; $\tau_{i\text{ расч.}}$ – время сушки, рассчитанное по модели (2); $\bar{\tau}$ – среднее значение времени сушки; n – число экспериментов.

Так как величина ошибки $E_{отн.} = 11\%$ меньше 15% , то это свидетельствует о «хорошем» качестве математической модели (2).

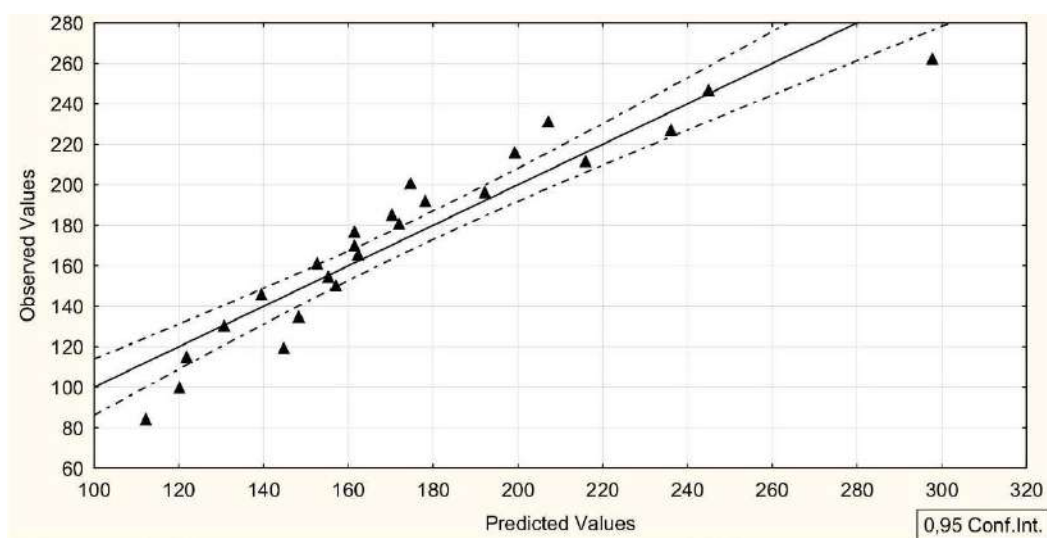


Рисунок 4 – Корреляционное поле и линия регрессии с 95% -доверительным интервалом для линейной модели $\tau_{c(\text{расчет})} = \tau_{c(\text{эксп.})}$: Predicted Values – время сушки, вычисленное по модели (2); Observed Values – экспериментально измеренное время сушки

Figure 4 – Correlation field and regression line with 95% confidence interval for the linear model $\tau_{c(\text{calculation})} = \tau_{c(\text{exp.})}$: Predicted Values – drying time calculated by model (2); Observed Values – experimentally measured drying time

Таким образом, найденная математическая модель в виде выражения (2) позволяет оценивать время сушки зерна озимой пшеницы с приемлемой точностью для заданных характеристик зерна и температуры сушки в интервале $100 - 160^\circ\text{C}$. Также с помощью выражения (2) можно рассчитать производительность сушилки для заданного объема зерна и температуры сушки. Кроме того, если использовать такой показатель, как «температура сушки T » в качестве управляющего воздействия, то можно создать эффективную систему управления данным процессом.

Выводы. Проведено исследование кинетики сушки зерна озимой пшеницы в лабораторных условиях, получены зависимости влажности зерна в интервале $(17,5 - 24\%)$ от времени (сек) для двух значений клейковины $(26,4$ и $31,2)$ и для различных значений температуры сушки T в интервале $100 - 160^\circ\text{C}$. С помощью найденных кинетических кривых определены значения времени сушки τ_c как время, необходимое для достижения конечной влажности зерна 14% в зависимости от характеристик зерна и температуры сушки.

На основе множественного корреляционного и регрессионного анализа показано, что клейковина зерна $(26,4$ и $31,2)$ не оказывает существенного влияния на время сушки, в то время как температура сушки и начальная влажность зерна являются показателями, которые определяют время сушки со значением множественного коэффициента корреляции $0,952$.

Для описания времени сушки зерна озимой пшеницы τ_c методами множественного регрессионного анализа найдена линейная математическая модель и доказана статистическая значимость коэффициентов для двух ее показателей (начальная влажность W_0 , % и температура сушки T °C) в следующем виде $\tau_c = 123,2 + 10,4 * W_0 - 1,4 * T + \varepsilon$ (сек). Доказано, что оба показателя (начальная влажность и температура) имеют одинаковую эластичность по отношению ко времени сушки. Расчеты по найденной математической модели в сравнении с реальными значениями времен сушки показали, что средняя относительная ошибка определения τ_c составляет 11 %, что свидетельствует о «хорошем» качестве математической модели.

Библиографический список

1. Антонов Н. М., Богданов С. И., Макевнина Е. И. Обоснование конструктивно-режимных параметров установки для тепловой обработки зерна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 135-138.
2. Бражевский В. В., Жеребцов А. С., Кизуров А. С. Анализ зерносушилок // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2017. № 1(36). С. 93-100.
3. Бузоверов С. Ю., Лобанов В. И., Протасов Н. С. Влияние степени увлажнения зерна в процессе гидротермической обработки на качество и выход муки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (159). С. 172-176.
4. Васильев А. Н., Васильев А. А., Цымбал А. А. Моделирование СВЧ-конвективной сушки зерна при движении его в активной зоне // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 319-329.
5. Голованчиков А. Б., Меренцов Н. А., Балашов В. А. Оценка влияния обратного перемешивания сушильного агента на технологические и геометрические параметры барабанной сушилки // Химическая промышленность сегодня. 2017. № 5. С. 50-56.
6. Малин Н. И. Моделирование кинетики двухступенчатой прямоточной сушки зерна // Евразийский союз ученых. 2019. № 12-5 (69). С. 11-16.
7. Масалимов И. Х., Каримов Х. Т., Павленко В. А. Математическая модель сушки зерна ячменя инфракрасным нагревом в вакууме // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 95-101.
8. Обоснование математических моделей переменного теплоподвода при сушке зерна / М. Г. Загоруйко, М. Е. Бельштина, Р. А. Марин, И. А. Башмаков // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 87-92.
9. Пахомов В. И., Газалов В. С., Буханцов К. Н. Регрессионная математическая модель двухэтапной комбинированной электротехнологии высокотемпературной конвективной сушки и озонородной обработки зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 1. С. 81-95.
10. Рогачев А. Ф., Шатырко Д. В. Математическое моделирование процесса послеуборочной сушки зерна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 168-174.
11. Станкевич Г. Н., Валентюк Н. А. Исследование кинетики сушки зерна амаранта // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе: сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвящённых 105-летию академика А. В. Лыкова. Москва: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2015. С. 244-246.
12. Тертычная Т. Н., Шевцов А. А., Куликов С. С. Экспериментально-статистическое исследование процесса сушки зерна тритикале при противоточно-прямоточном продувании зернового слоя // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 4 (86). С. 38-46.
13. Darmany A. P., Bogdanov S. I. IOP Earth Environ: Conf. Ser. Sci. 2022. V. 965. 012058. <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/965/1>.
14. Modeling of the management of the microwave grain drying process / S. Morozov, K. Kuzmin, D. Pogodin [et al.] // E3S Web of Conferences: 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018. St. Petersburg: EDP Sciences, 2019. P. 02142.
15. Tokarev K. E. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. V. 488. 012047.

Информация об авторах

Богданов Сергей Иванович, доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) тел. +7 (8442) 41-11-27. E-mail: s.bogdanov@volgau.com

Дарманиян Анатолий Петрович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) тел. +7 (8442) 41-11-27. E-mail: a.darmanyan@volgau.com

Маркин Михаил Андреевич, ассистент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) тел. +7 (8442) 41-11-27. E-mail: m.markin@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-55

WAYS TO SOLVE THE PROBLEM OF COMPLEX IMPROVEMENT OF ELECTRICAL SAFETY IN AGRICULTURAL PRODUCTION

E. V. Vasilyeva¹, E. A. Yakovenko¹, N. N. Chibinev¹, V. M. Fedorov²

¹ South Russian State Polytechnic University named after M. I. Platov, Novocherkassk

² Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov –
branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk

Received 08.04.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

This article shows the problems of electrical safety in agriculture in Russia and the causes of injuries in agricultural production. The general statistics of deaths from electrical injuries in our country are given. The features of the operation of electrical installations of agricultural production are indicated. The necessity of providing and using special protective uniforms for electrical engineering personnel working in agriculture is substantiated.

Abstract

Introduction. The purpose of the study is to focus attention on the reduction of electrical injuries among agricultural workers when using modern means of electrical protection. The correctness of the disclosure of the causes of electrical injuries significantly increases the effectiveness of the developed electrical safety measures. The analysis of statistics of electrical injuries in rural areas is an important condition for its prevention and the creation of safe equipment. The prevention of electrical injuries is based on technical and organizational measures, the implementation of which contributes to the exclusion of injury to agricultural workers by electric current, causing harm to their health from the action of electromagnetic fields. **Materials and methods.** To solve this problem, statistical data on fatal accidents from electric current at agricultural facilities were summarized, processed and analyzed. In the process of selecting statistical data, methods of both continuous and selective research were used. **Results and conclusions.** To reduce cases of electrical injuries in rural areas, it is necessary to provide high-quality training not only for electrical personnel, but also for all users of small-scale mechanization equipment in safe techniques and methods of work, timely monitoring of the condition and operability of power supply systems and power plants. The equipment of small-scale mechanization means with a combined protection system «Protective shutdown device – zeroing», will provide reliable protection of their users from electrical injuries, while maintaining the high efficiency of protective shutdown devices and the reliability of its operation. Personal protective equipment based on fire-resistant and dielectric materials is not able to replace safe methods of work in electrical installations at agricultural facilities. However, their use will significantly reduce the risk of getting electrotrauma from the action of an electric arc, as well as significantly increase the chances of survival of those affected.

Key words: *electrical safety, agriculture, production, electrical injuries, statistics, causes of injuries, electrical personnel, high-risk work, electrical equipment.*

Citation. Vasilyeva E.V., Yakovenko E.A., Chibinev N.N., Fedorov V.M. Ways to solve the problem of complex improvement of electrical safety in agricultural production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 448-456 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-55.

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

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

УДК 631.371

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОВЫШЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Е. В. Васильева¹, кандидат технических наук

Е. А. Яковенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Н. Н. Чибинёв¹, кандидат технических наук

В. М. Федоров², доктор технических наук

¹Южно-Российский государственный политехнический университет им. М. И. Платова,
г. Новочеркасск

²Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова – филиал
Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 08.04.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Цель исследования — акцентирование внимания на уменьшении электро-
травматизма среди сельскохозяйственных рабочих при применении современных средств электро-
защиты. Правильность раскрытия причин электротравм существенно повышает эффективность
разрабатываемых мероприятий по электробезопасности. Анализ статистики электротравматизма в
сельской местности является важным условием его профилактики и создания безопасной техники.
В основе профилактики электротравм лежат технические и организационные мероприятия, выпол-
нение которых способствует исключению травмирования сельскохозяйственных работников элект-
рическим током, причинения вреда их здоровью от действия электромагнитных полей. **Материалы и методы.** Для решения поставленной задачи были обобщены, обработаны и проанализирова-
ны статистические данные о несчастных случаях от электрического тока с летальным исходом на
объектах АПК. В процессе отбора статистических данных использовались методы как сплошного,
так и выборочного исследования. **Результаты и выводы.** Для снижения случаев электротравма-
тизма в сельской местности необходимо качественное обучение не только электротехнического
персонала, но и всех пользователей средств малой механизации безопасным приемам и методам
ведения работ, проведение своевременного контроля за состоянием и работоспособностью систем
электропитания и энергетических установок. Оборудование средств малой механизации комби-
нированной системой-защиты «Устройство защитного отключения – зануление» обеспечит надёж-
ную защиту их пользователей от электротравм при сохранении высокой эффективности устройств
защитного отключения и надежности его срабатывания. Средства индивидуальной защиты на ос-
нове огнестойких и диэлектрических материалов не в состоянии заменить безопасные методы вы-
полнения работ в электроустановках на объектах АПК. Однако их применение позволит суще-
ственно снизить степень риска получить электротравмы от действия электродуги, а также значи-
тельно повысить шансы пораженных на выживание.

Ключевые слова: электробезопасность производства, электротравматизм,
статистика травматизма, причины травматизма, электротехнический персонал, ра-
боты повышенной опасности, электрооборудование.

Цитирование. Васильева Е.В., Яковенко Е.А., Чибинёв Н.Н., Федоров В.М. Пути решения
проблемы комплексного повышения электробезопасности в сельскохозяйственном производ-
стве. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 448-456. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-55.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сегодня современное сельское хозяйство — это в большинстве своём агропромышленное производство (АПК), имеющее разветвлённые электросети и значительное количество различного электрооборудования. Оно соединяет в себе систему различных взаимосвязанных отраслей сельского хозяйства по производству, переработке, хранению и реализации сельскохозяйственной продукции и промышленности, производящей орудия труда и технические средства для АПК и фермерских хозяйств, одновременно являясь основным потребителем сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время в сельском хозяйстве нашей страны работают не только комбайны и тракторы, корректирующие свои маршруты перемещения по полям по спутнику, сельскохозяйственные беспилотники (дроны), точно распыляющие препараты для защиты растений и эффективные удобрения, но и автоматизированные линии по переработке продукции, автоматизированные склады, километры силовых и сигнальных кабелей и диспетчерские пункты управления сельскохозяйственными процессами, а также разветвленная IT-инфраструктура.

В среднем сейчас на одного сельскохозяйственного рабочего приходится около 60 кВт энергетической мощности, а на обработку 100 га пашни требуется в среднем около 160 кВт электроэнергии [4]. В нынешнем сельском хозяйстве эксплуатируется внушительный комплекс электроприводных средств малой механизации (СММ), который состоит из более ста видов различных бытовых приборов и устройств, электроинструмента, мобильных, передвижных и переносных электрифицированных машин с кабельной или автономной системой электропитания. На селе парк средств малой механизации составляет свыше 100 млн единиц [8].

В настоящее время в современном сельском хозяйстве выстроена определённая система профилактики электротравматизма, но тем не менее общая доля электротравм в среднем ежегодно в сельском хозяйстве составляет порядка 30-40% от всех электротравм в стране, хотя доля электроэнергии, потребляемой сельским хозяйством, составляет около 17 % от её выработки, при этом около 40 % от общего потребления электрической энергии в сельском хозяйстве приходится на животноводство, что составляет 50 млрд кВт·ч ежегодно [10]. По прогнозам, через 10-15 лет потребность в электроэнергии в сельскохозяйственной отрасли должна удвоиться, что, исходя из нынешнего состояния электрохозяйства в сельском хозяйстве, может привести к росту электротравматизма во всём сельскохозяйственном производстве [6].

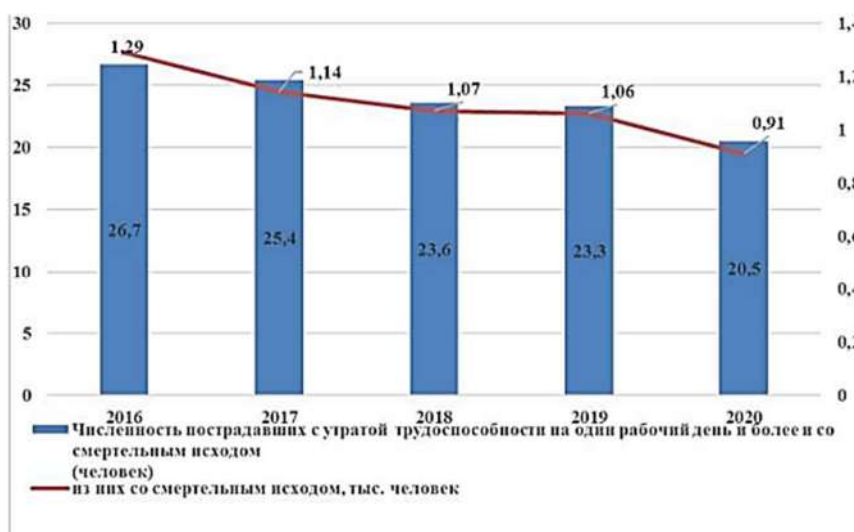


Рисунок 1 - Динамика производственного травматизма в России

Figure 1 - Dynamics of occupational injuries in Russia

Анализ статистических данных показывает, что в среднем электротравмы в нашей стране составляют 3 % от общего числа травм, при этом смертельные электротравмы составляют 12-13 % от общего числа смертельных случаев (Статистика травматизма по данным Росстат (<https://rosinfostat.ru/travmatizm/>). К наиболее электротравмоопасным отраслям относятся: сельское хозяйство, строительство и быт, где электротравматизм составляет до 40 % от числа смертельных несчастных случаев, лёгкая промышленность – 17 %, электротехническая промышленность – 14 %, химическая – 13 % [6].

Общая динамика производственного травматизма, по данным Росстата и Роструда России, по годам на основании результатов мониторинга условий труда в РФ ФГБУ ВНИИ Минтруда в России выглядит таким образом (<https://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/47/monitoring-2020.pdf>) (рисунок 1).

Пострадавшие на производстве со смертельным исходом в 2020 году (<https://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/47/monitoring-2020.pdf>) в сельском хозяйстве составляют 12,5 % от всех случаев со смертельным исходом (рисунок 2).

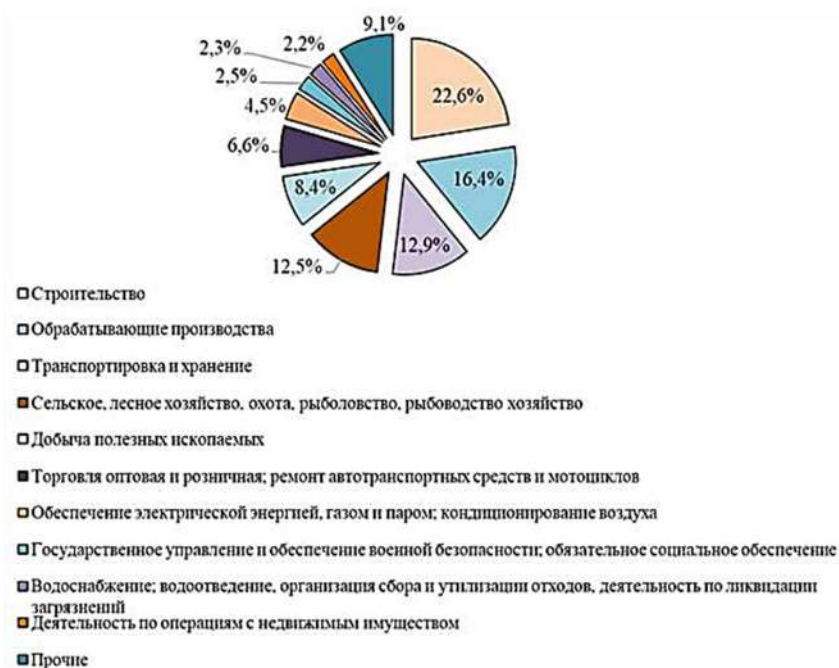


Рисунок 2 – Распределение количества пострадавших со смертельным исходом среди производственных отраслей России в 2020 г.

Figure 2 – Distribution of the number of fatalities among the manufacturing sectors of Russia in 2020

При этом количество работников сельского хозяйства в сравнении с общим количеством работающего населения в России составляет всего лишь около 6 %, однако вклад данной отрасли в общероссийские показатели травматизма является весомым и ежегодно составляет 10-15 % [1, 6, 9, 11]. Кроме этого, от действия электрического тока в сельской местности травмируются и гибнут не только жители и работники сельской местности, но и сельскохозяйственные животные и птицы, а также их дикие сородичи. Рассматривая вопрос электротравматизма, нельзя не обратить внимание на высокую пожарную опасность электрического тока при несоблюдении правил его применения. По ежегодной статистике МЧС России (Доклады с обобщением и анализом правоприменительной практики, типовых и массовых нарушений обязательных требований"

(утв. МЧС России) сайт. URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_386448/, О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 г.: государственный доклад. М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 264 с.); вторая причина пожаров в сельской местности, после неосторожности обращения с огнём – нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования. По статистическим данным МЧС России, в 2020 году в сельской местности было зарегистрировано 23 936 (11,6 %) пожаров из-за нарушения эксплуатации электрооборудования (перегрузки, отказ автоматики, нарушение условий эксплуатации, аварийный режим работы электрических сетей и оборудования), из них 145 пожаров – непосредственно на объектах АПК.

По данным анализируемой нами статистики о ежегодных происшествиях при поражении электротоком, а также по многочисленным публикациям в СМИ об опасности электротока, электрический ожог считается самой распространённой электротравмой. Он имеет место более чем у 60 % потерпевших от электротока, при этом 85 % потерпевших являются работниками, обслуживающими электрооборудование, или электромонтёрами [2, 3].

Электрические ожоги бывают двух видов: токовый и дуговой. Токовый возникает повсеместно. При работе с малым напряжением (в пределах 2кВ) происходит токовый ожог, а дуговой – при работе с большими электронапряжениями. На дуговой ожог приходится 25 % всех электроожогов, они в большинстве случаев приводят к загоранию одежды на потерпевшем.

Опираясь на заключения судебно-медицинских исследований причин смертельных исходов от электротравм, делаем практически очевидный вывод, что одним из возможных способов защиты работников сельского хозяйства от электроожогов является обеспечение их специальной униформой на основе диэлектрических материалов, соответствующей требованиям ГОСТ Р 12.4.234-2012 «Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги». При этом необходимо строго соблюдать требования правил техники безопасности электротехническим персоналом в части ношения ими спецодежды и средств индивидуальной защиты (СИЗ) как обязательное условие его допуска к работе. Понятно, что сама по себе специальная униформа на основе диэлектрических материалов не в состоянии заменить безопасные методы выполнения работ в электроустановках. Однако ее применение существенно позволяет снизить степень риска получить тяжелые ожоги от действия дуги, а также значительно повысить шансы потерпевших на выживание.

Анализ статистики травматизма показывает, что электротравматизму присущ, как правило, летальный характер, поэтому исследование причин и факторов возникновения случаев электротравматизма в сельскохозяйственном производстве и выработки путей его снижения являлось и остается весьма актуальным.

Материалы и методы. Состояние условий труда, сохранение здоровья и жизни работников в сельскохозяйственном производстве – актуальная проблема, непосредственно влияющая как на работу и экономическую стабильность сельхоз организаций, так и на благополучие работников и их семей.

Правилами охраны труда в сельском хозяйстве, утверждёнными приказом Минтруда России от 27.10.2020 № 746н «Об утверждении Правил по охране труда в сельском хозяйстве» (зарегистрирован в Минюсте России 25.11.2020 № 61093) зафиксировано, что работники, участвующие в проведении сельскохозяйственных работ могут подвергаться воздействию 17 вредных и (или) опасных производственных факторов, среди которых и воздействие электрического тока при повреждениях (нарушениях) изоляции электроустановок и ручного электрифицированного инструмента.

Анализ статистики электротравматизма в сельской местности в зависимости от вида электроустановок является важным условием его профилактики и создания безопасной техники. В основе профилактики электротравм лежат технические и организационные мероприятия, выполнение которых способствует исключению травмирования сельскохозяйственных работников электрическим током, причинения вреда их здоровью от действия электромагнитных полей.

В соответствии с ГОСТ 12.0.004-2015, работы, связанные с обслуживанием электрических устройств, считаются работами повышенной опасности, поэтому до проведения работ в электроустановках в обязательном порядке должен быть оформлен наряд-допуск и карта риска. В этой связи сельскохозяйственные работники, выполняющие работы повышенной опасности, должны проходить повторный инструктаж по охране труда не реже одного раза в три месяца, а также не реже одного раза в год – проверку знаний требований охраны труда (Приказ Минтруда России от 27 октября 2020 года №746н «Об утверждении Правил охраны труда в сельском хозяйстве» (зарегистрирован Минюстом России 25 ноября 2019 г., регистрационный № 61093). Работодатель своим локальным нормативным актом обязан утвердить перечень профессий сельхозработников и видов работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования охраны труда. Кроме этого, работодатель должен своим локальным нормативным актом установить порядок производства работ с повышенной опасностью и оформления наряда-допуска, также утвердить обязанности работников, ответственных за организацию и безопасное производство этих работ.

Для решения поставленной задачи нами были обобщены, обработаны и проанализированы статистические данные о несчастных случаях от электрического тока с летальным исходом на объектах АПК. В процессе отбора статистических данных использовались методы как сплошного, так и выборочного исследования.

Результаты и обсуждение. Исследованиями электротравматизма в АПК установлено, что основным «носителем» электротравматизма в сельской местности являются непосредственно электрические сети, смонтированные, как правило, с нарушением требований Правил устройства электроустановок (ПУЭ), на долю которых приходится свыше 60 % всех несчастных случаев, причем 56 % из них со смертельным исходом [7].

Вторым источником электротравматизма является работа с электрифицированными средствами малой механизации (более 30 %), которые не оборудованы устройством защитного отключения (УЗО).

УЗО – это электрическое устройство, предупреждающее возгорание от короткого замыкания и электротравмы, возникающие из-за неисправности электроустановок. Данные устройства реагируют на токи в тысячи и десятки тысяч раз меньшие токов срабатывания предохранителей и автоматических выключателей и обеспечивают быстроедействие по обесточиванию СММ, составляющее доли секунд, тем самым обеспечивая безопасность человека от смертельных электротравм при прямом контакте с токоведущими частями.

Свыше 50 % случаев электротравматизма в сельском хозяйстве обусловлено проведением полевых работ, особенно при сельхозработах в непосредственной близости от охранных зон воздушных линий электропередач. Причиной электротравматизма в воздушных электрических сетях является их легкодоступность из-за невыполнения ограждения проводов или значительное уменьшение расстояния от незащищенных изолированных высоковольтных линий электропроводов до земли.

Данные нарушения связаны, как правило, с пренебрежением правилами техники безопасности или их незнанием. Вследствие чего перед проведением уборочных работ на полях, где проходят воздушные линии электропередачи, не осуществляется проверка

величины провисания проводов с тем, чтобы расстояние по вертикали от наивысшей точки уборочной машины до проводов воздушных линий электропередач напряжением до 1 кВ было не менее 1,5 м, а также зачастую не берутся во внимание и не учитываются охранные зоны электрических сетей, которые устанавливаются вдоль воздушных линий электропередач в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченных вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних проводов, в соответствии с таблицей 1 (Приказ Минтруда России от 27 октября 2020 года №746н «Об утверждении Правил охраны труда в сельском хозяйстве» (зарегистрирован Минюстом России 25 ноября 2019 г., регистрационный № 61093).

Таблица 1 – Охранные зоны электрических сетей

Table 1 – Security zones of electric networks

Напряжение высоковольтной линии электропередачи, кВ	Расстояние, м
до 20	10
от 20 до 35	15
от 35 до 110	20
от 110 до 220	25
от 220 до 500	30
от 500 до 750	40
от 750 до 1150	55

Установлено, что наиболее часто в АПК опасным воздействиям электрического тока подвергаются сельскохозяйственные рабочие следующих профессий: комбайнеры и их помощники, трактористы, шоферы и крановщики, электротехнический персонал, пастухи и доярки, электросварщики, студенты и подсобные разнорабочие. Имеют место случаи получения электротравм сельхозработными (около 15 %) в состоянии алкогольного опьянения. Наибольшее количество электротравм приходится на рабочих тех профессий, которые не проходят специального курса электробезопасности и не получают квалификационного инструктажа перед началом работ.

Анализ электротравматизма в сельской местности показывает и подтверждает в целом очевидный факт, что увлажнение изоляции электроустановок, особенно находящихся в животноводческих помещениях с повышенной влажностью окружающей среды и работающих со значительными перерывами между включениями, является одной из основных причин электротравматизма среди сельских жителей, поэтому дальнейший прогресс в сельскохозяйственном производстве немыслим без повышения эксплуатационной надежности электродвигателей, а также зависит от качества и культуры их эксплуатации.

На основании Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 г. № 903н (введены в действия с 01.01.2021 года), службе по охране труда в АПК или специалисту по охране труда крестьянского (фермерского) хозяйства необходимо организовать обучение по этим правилам всех членов комиссии по проверке знаний правил работы с электроустановками, провести внеочередную проверку знаний правил работы с электроустановками с подтверждением группы по электробезопасности, а также провести внеплановые инструктажи и внести изменения в инструкции по охране труда и в программы инструктажей на рабочем месте, одновременно закупить недостающие плакаты и СИЗ.

Анализ электротравм в сельском хозяйстве показал, что в более 70 % несчастных случаев [12] правильное применение термостойких средств индивидуальной защиты позволило бы избежать ожоговых электротравм или перевести их более в легкую категорию. Работодатель должен за счет собственных ресурсов обеспечить работников средствами индивидуальной и коллективной защиты (ч. 2 ст. 212, ч. 1 ст. 219 ТК РФ).

Для сохранения жизни и здоровья сельхозработников с учетом вышеизложенного при организации работ с электроустановками и СММ необходимо обеспечивать безопасность по следующим направлениям:

- предоставление средств индивидуальной защиты всеми сельскохозяйственными работниками, подверженными риску поражения электрическим током;
- соблюдение требований законодательства в области охраны труда при работе с электроустановками и СММ;
- организация правильной эксплуатации электрооборудования и СММ в конкретном сельскохозяйственном производстве;
- внедрение и реализация необходимых и достаточных организационных мер, гарантирующих требуемый уровень безопасности работы в АПК и крестьянском (фермерском) хозяйстве.

Выводы. Для снижения случаев электротравматизма в сельской местности, необходимо качественное обучение не только электротехнического персонала, но и всех пользователей СММ безопасным приемам и методам ведения работ и своевременный контроль за состоянием и работоспособностью систем электроснабжения и энергетических установок.

Оборудование СММ комбинированной системой защиты «УЗО – зануление», обеспечит надёжную защиту их пользователей от электротравм при сохранении высокой эффективности УЗО и надежности его срабатывания.

Средства индивидуальной защиты на основе огнестойких и диэлектрических материалов не в состоянии заменить безопасные методы выполнения работ в электроустановках на объектах АПК. Однако их применение позволит существенно снизить степень риска получить электротравмы от действия электродуги, а также значительно повысить шансы пораженных на выживание.

Библиографический список

1. Александров А. Б. Защита от поражения электрическим током на сельскохозяйственном производстве // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2021. № 17. С. 59-62.
2. Виноградов А. В., Сейфуллин А. Ю. Анализ нормативных документов по вопросам создания интеллектуальных систем электроснабжения сельских потребителей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. № 1 (42). С. 8-15.
3. Водяников В. Т. Техничко-экономическая оценка современного состояния сельской электрификации // Агроинженерия. 2020. № 2 (96). С. 46-50.
4. Давлятшин Р. Анализ электропоражений в АПК, методы и средства их профилактики // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. 2019. № 4.
5. Зацепина В. И., Зацепин Е. П., Шачнев О. Я. Повышение эффективности электроснабжения объектов сельского хозяйства // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2016. № 3 (61). С. 42-46.
6. Левинзон С. Электробезопасность в системе общей безопасности // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 8. С. 73-75.
7. Мартынов И. С. Анализ производственного электротравматизма в сельскохозяйственной отрасли // Известия нижеволжского аграрного университета. 2015. № 2(38). С. 234-236.
8. Модель построения оптимальной структуры безопасности электроустановок на сельскохозяйственных объектах / Т. В. Еремина [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2020. № 4 (79). С. 59-65.
9. Стратегия повышения безопасности электроснабжения предприятий АПК / И. Э. Липкович [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 2 (50). С. 74-83.
10. Стребков Д. С., Тихомиров Д. Д., Тихомиров А. В. Показатели потребления топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и энергоёмкости производства, их прогноз на период до 2030 года // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 4. С. 4-12.

11. Khalin E., Mikhaylova E. Innovative means and technologies ensuring electrical safety of agricultural production // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. 2018. 21 p.

12. Sazonova A., Kopytenkova O., Staseva E. Risk of pathologies when exposed to fine dust in the construction industry // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. 032039.

Информация об авторах

Васильева Елена Викторовна, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, тел. 89085080528, e-mail: karalenka5@yandex.ru

Яковенко Елена Александровна, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский Политехнический Институт) имени М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 89518440498, e-mail: yakovlena80@yandex.ru

Чибинёв Николай Николаевич, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность», Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский Политехнический Институт) имени М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, тел. 89185431953, e-mail: fire.expert.ug@gmail.com.

Федоров Виктор Матвеевич, профессор Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова - филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-56

ANALYSIS OF THE LEVEL OF UTILIZATION OF THE SOLAR ENERGY RESOURCE BY A PHOTOELECTRIC SYSTEM LOCATED ON THE BUILDING ENVELOPE

Yu. V. Daus¹, V.V. Kharchenko², I.V. Yudaev¹

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«St. Petersburg State Agrarian University», St. Petersburg*

²*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center
of the All-Russian Research Institute of Mechanization», Moscow*

Received 02.03.2022

Submitted 21.04.2022

Summary

The article analyzes the level of the solar energy resource utilization on the example of operating solar photovoltaic power plant of the leisure and trade facility located in the rural area. The deviations of the electrical energy generation by photovoltaic modules of the selected orientation from the generation by modules of the optimal orientation for the studied region, by modules that are placed horizontally to the Earth's surface, by modules that are optimally oriented relatively to the horizon of the same placement on the cardinal points are calculated and analyzed.

Abstract

Introduction. One of the main advantages of photovoltaic systems is the ability to integrate them into both existing and new consumer infrastructures, regardless of their configuration, using building envelopes. This is especially important for agribusiness facilities, where almost all areas are used for agricultural production. Studies of the issues of incoming solar energy utilization using photovoltaic systems installed on the roofs of both industrial and residential buildings are most often devoted to urban development, where mutual shading by buildings and their elements has a separate effect, which is practically absent for rural areas and does not carry out detailed modeling on the example of the specific building, taking into account the peculiarities of its architecture and spatial position. **The purpose of the study** is to analyze the level of the solar energy resource utilization using the example of the operating solar photovoltaic power plant of the leisure and trade facility located in rural area with coordinates $\varphi = 50.0^\circ\text{N}$, $\gamma = 45.3^\circ\text{E}$. (Volgograd region). **Object.** The on-roof photovoltaic power plant with installed capacity of 72.35 kW based on Public Joint

Stock Company «Kvazar» solar modules with the total area of 495 m², located on the double slope roof measuring 71.2 x 15.3 m with the inclination angle of 17 ° relatively to the horizon, the inner slope of the roof is directed to the south east with azimuth -45°. **Materials and methods.** For different time periods, the following values were calculated: deviation of electric energy generation by photovoltaic modules of the selected orientation from the generation of optimal orientation modules for the studied region; deviation of the electrical energy generation by photovoltaic modules of the selected orientation from the generation, by the horizontally placed to the surface of the Earth modules (gross potential); deviation of the electrical energy generation by photovoltaic modules of the selected orientation from the generation by modules that are optimally oriented relatively to the horizon of the same placement on the cardinal points; deviation of the actual electrical energy generation by photovoltaic modules of the selected orientation from the generation by modules that are horizontally located to the Earth's surface. **Results and conclusion.** The analysis was conducted of the level of the solar energy resource utilization using the example of existing rooftop photovoltaic power plant. The rooftop photovoltaic power plant for power supply of the leisure and trade facility (Volgograd region) is equipped with modules of south-east and south-west orientation with the tilt angle of 17° relatively to the horizon. The existing layout of the photovoltaic system does not make it possible to utilize fully the entire flow of incoming solar radiation: for the year, the electrical energy generation by the modules of the considered power plant is lower by 21.5% than modules that are horizontal to the Earth's surface, 21.2% - than optimally placed at orientation to the south-east and south-west and 25.9% - than optimally placed.

Key words: *photovoltaic power plant, building envelope, solar energy resource.*

Citation. Daus Yu.V., Kharchenko V.V., Yudaev I.V. Analysis of the level of utilization of the solar energy resource by a photovoltaic system located on the building envelope. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 456-464 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-56.

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

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

УДК 633.2(58.02)

АНАЛИЗ УРОВНЯ УТИЛИЗАЦИИ РЕСУРСА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ, РАЗМЕЩЕННОЙ НА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЯ

Ю. В. Даус¹, кандидат технических наук

В. В. Харченко², доктор технических наук

И. В. Юдаев¹, доктор технических наук

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
г. Санкт-Петербург

²ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва

Дата поступления в редакцию 02.03.2022

Дата принятия к печати 21.04.2022

Актуальность. Одним из основных преимуществ фотоэлектрических систем является возможность их интеграции как в существующие, так и в строящиеся инфраструктуры потребителей, независимо от их конфигурации и используя для монтажа ограждающие конструкции зданий. Это особенно важно для объектов АПК, где практически все свободные почвенные площади используются под производство сельскохозяйственной продукции. Исследования вопросов утилизации приходящей солнечной энергии с помощью фотоэлектрических систем, установленных на крышах как производственных, так и жилых зданий, чаще всего посвящены городской застройке, где отдельное влияние имеет взаимное затенение зданиями и их элементами генерирующих объектов, что практически отсутствует в сельской местности и не учитывается при детальном моделировании на примере конкретного здания с учетом особенностей его архитектуры и пространственного положения. **Цель исследования** – проанализировать уровень утилизации ре-

сурса солнечной энергии на примере действующей солнечной фотоэлектрической станции объекта досуга и торговли, размещенной в сельском районе с координатами $\varphi = 50,0^\circ$ с.ш., $\gamma = 45,3^\circ$ в.д. (Волгоградская область). **Объект.** Крышная фотоэлектрическая станция установленной мощностью 72,35 кВт на базе солнечных модулей ПАО «КВАЗАР» общей площадью 495 м², расположенная на двухскатной крыше размером 71,2 x 15,3 м с углом наклона 17° относительно горизонта, а внутренний скат крыши направлен на юго-восток с азимутом -45°. **Материалы и методы.** Для различных интервалов времени были рассчитаны следующие величины: отклонение выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки модулями оптимальной ориентации для заданного региона; отклонение выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки, горизонтально к поверхности Земли размещенными модулями (валовый потенциал); отклонение выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки модулями оптимально ориентированными относительно горизонта того же размещения по сторонам света; отклонение реальной выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки горизонтально расположенными к поверхности Земли модулями. **Результаты и выводы.** Крышная фотоэлектрическая станция для электрообеспечения объекта досуга и торговли (Волгоградская область) оборудована модулями юго-восточной и юго-западной ориентации с углом наклона 17° относительно горизонта. Существующая компоновка фотоэлектрической системы не дает возможности в полной мере утилизировать весь поток приходящего солнечного излучения: за год выработка электрической энергии модулями рассматриваемой электрической станции ниже на 21,5%, чем горизонтальными к поверхности Земли модулями, 21,2% – чем оптимально размещенными при ориентации на юго-восток и юго-запад и 25,9% – чем оптимально размещенными.

Ключевые слова: фотоэлектрические станции, ограждающие конструкции здания, ресурс солнечной энергии.

Цитирование. Даус Ю. В., Харченко В. В., Юдаев И. В. Анализ уровня утилизации ресурса солнечной энергии фотоэлектрической системой, размещенной на ограждающих конструкциях здания. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 456-464. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-56.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из основных преимуществ фотоэлектрических систем является возможность их интеграции как в существующие, так и во вновь возводимые инфраструктуры сооружений потребителей, независимо от их конфигурации, часто используя для этого ограждающие конструкции зданий. Это особенно важно для объектов АПК, где практически вся свободная от застройки территория используется для технологических нужд производства сельскохозяйственной продукции. Кроме того, такую систему электроснабжения можно превратить в распределенную систему генерации, обеспечивающую потребителя в рамках одной усадьбы, фермы или предприятия, не вырабатывающую энергию за точку балансовой принадлежности [8]. Такая технология генерации на основе крышных фотоэлектрических систем позволит снизить оплату за потребляемую электрическую энергию и уменьшить нагрузку на энергосистему [4], обеспечить гибкое управление в часы максимума электрической нагрузки [7].

На крыше здания фотоэлектрический модуль может размещаться тремя способами: горизонтально к поверхности Земли, под оптимальным углом на плоской крыше и под углом наклона ограждающей конструкции (ската крыш) [10].

Изучение вопросов утилизации приходящей солнечной энергии с помощью фотоэлектрических систем, установленных на крышах как производственных, так и жилых зданий, проводится многочисленными группами ученых различных стран [6]. При этом ре-

курс солнечной энергии, реализуемый с помощью такой технологии выработки электрической энергии, интерпретируется ими по-разному. Большинство существующих исследований посвящены оценке технического потенциала солнечной энергии, а именно потоку солнечного излучения, которое можно утилизировать с учетом ряда ограничений (например, площадь крыши, эффективность модуля и т.д.) [9]. Более ранние исследования определяли ресурс солнечной энергии при использовании фотоэлектрической установки, размещенной на крыше здания, по упрощенному методу путем аппроксимации доступной площади крыши и ввода обобщающих множителей для учета различных факторов, влияющих на уровень генерации энергии [3]. Укрупненные показатели применения фотоэлектрической системы в условиях городской застройки также представлены в работах [5].

Кроме того, предложенные подходы только идентифицируют ресурс солнечной энергии при применении фотоэлектрических систем, размещенных на крыше, но не проводят анализа-сравнения его уровня относительно ресурса, получаемого на горизонтальной к поверхности Земли приемной площадке и отклонения его от аналогичной величины для оптимальных вариантов пространственной ориентации приемных поверхностей для места их размещения. Констатируя можно отметить, что не сравнивают полученные значения потока солнечного излучения с максимально возможным уровнем реализации ресурса солнечной энергии, когда фотоэлектрический модуль развернут в пространстве для получения максимального потока солнечной энергии на его поверхности за заданный период времени.

Большая часть вышеописанных исследований адаптирована под территорию городской застройки, где отдельное влияние имеет взаимное затенение зданиями и их элементами, что практически отсутствует для сельской местности. Кроме того, большинство исследований содержат данные и результаты, полученные при обработке плотной застройки или значительной территории, и не проводят детальное моделирование на примере конкретного здания с учетом особенностей его архитектуры и пространственного положения.

Цель исследования – проанализировать уровень утилизации ресурса солнечной энергии на примере действующей солнечной фотоэлектрической станций объекта досуга и торговли, размещенной в сельском районе координатами $\varphi = 50,0^\circ$ с.ш., $\gamma = 45,3^\circ$ в.д. (Волгоградская область).

Объект исследования. На рисунке 1 представлен внешний вид крышной фотоэлектрической станции установленной мощностью 72,35 кВт на базе солнечных фотоэлектрических модулей ПАО «КВАЗАР» общей площадью 495 м².



Рисунок 1 – Общий вид здания с размещенной на его крыше фотоэлектростанции (а) и дополнительная секция модулей на северо-западном (обратном) скате крыши (б)

Figure 1 – General view of the building with the photovoltaic power plant located on its roof (a) and additional section of the modules on the northwestern (reverse) roof slope (b).

Фотоэлектрическая станция расположена на двухскатной крыше размером 71,2 x 15,3 м с углом наклона 17° относительно горизонта, внутренний скат крыши направлен на юго-восток с азимутом -45°. Фотоэлектрические модули суммарной площадью 396 м² размещены на юго-восточной части крыш, остальные 99 м² модулей расположены на юго-западном скате.

Данные почасовой выработки электрической энергии в летний и зимний характерные дни года для 2013-2015 гг. показаны на рисунке 2, где также приведены данные о генерации электрической энергии с учетом компоновки станции на основе данных о ресурсе солнечной энергии согласно координатам района её размещения, полученных с помощью [2] методом математического моделирования.

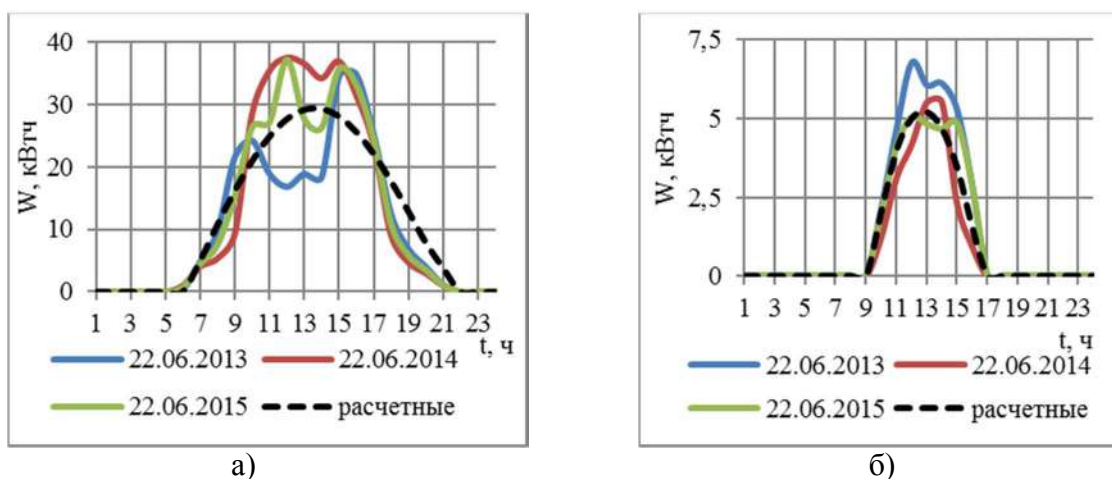


Рисунок 2 –Суточная выработка электрической энергии, зафиксированная на станции и полученная математическим моделированием для характерных дней: 22 июня (а) и 22 декабря (б)

Figure 2 – Daily electrical energy generation recorded at the power plant and obtained by mathematical modeling for typical days: June, 22 (a) and December, 22 (b)

Графики же генерации для каждого конкретного дня года чувствительны к реальному состоянию атмосферы, поэтому характеризуются всплесками и провалами в течение суток. При этом суточные суммы генерируемой энергии за сутки по сравнению с расчетными значениями отличаются на 6,2–7,8% весной и осенью, 6,8% летом и 9,3% зимой, что связано с небольшим периодом наблюдения (3 года для рассматриваемой крышной электрической станции) и зависимостью приходящего потока солнечного излучения от сиюминутных реальных атмосферных условий.

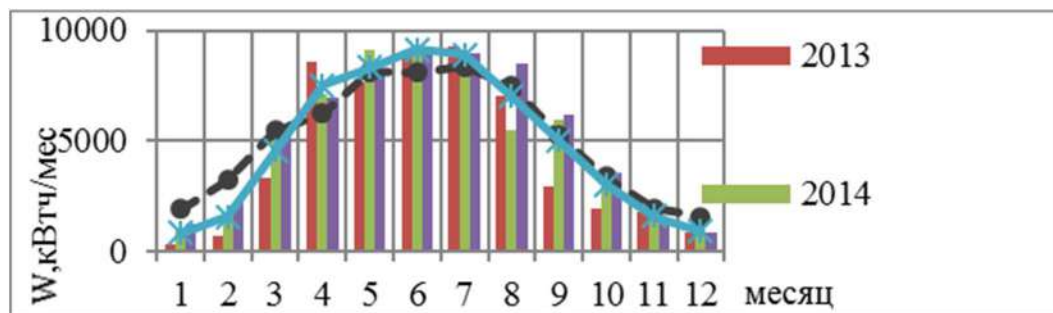


Рисунок 3 – Месячная выработка электрической энергии, зафиксированная на станции и полученная математическим моделированием

Figure 3 – Monthly electrical energy generation recorded at the power plant and obtained by mathematical modeling

На рисунке 3 представлены месячные суммы выработки электрической энергии станцией и полученные математическим моделированием с помощью программы для ЭВМ «Оценка потенциала солнечной энергии в заданной точке Южного федерального округа» [1, 2].

Наибольшее отклонение генерируемой электрической энергии за месяц, наблюдается в период с ноября по май (17,2–56,1%), так как этот период характеризуется неустойчивым состоянием атмосферы, постоянными осадками и высокой облачностью. Суммарная же выработка за год и смоделированная и усредненная за три года наблюдения соизмеримы (отклонение составляет 4,3%).

Материалы и методы. Для каждого суточного характерного дня выработки электрической энергии были посчитаны следующие величины:

- отклонение выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки модулями оптимальной ориентации для заданного региона $\Delta W1$, о.е.;

- отклонение выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки, горизонтально к поверхности Земли размещенными модулями (валовый потенциал) $\Delta W2$, о.е.;

- отклонение выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки модулями оптимально ориентированными относительно горизонта того же размещения по сторонам света $\Delta W3$, о.е.;

- отклонение реальной выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями выбранной ориентации от выработки горизонтально расположенными к поверхности Земли модулями $\Delta W4$, о.е.

Здесь $\Delta W1$ характеризует отклонение от максимально возможного реализуемого ресурса за год для заданной точки на поверхности Земли. $\Delta W2$ показывает уровень реализации имеющегося ресурса солнечной энергии рассматриваемого региона относительно валового потенциала солнечной энергии. Величина $\Delta W2$ характеризует отклонение от максимально возможного реализуемого потенциала для заданной географической точки с учетом ориентации приемной поверхности по сторонам света ограждающей конструкции, на которой размещены фотоэлектрические модули. В рассматриваемом варианте компоновки фотоэлектрической станции модули развернуты на конструкции (в частности, крыше) в сторону юга с помощью системы их крепления, а не на юго-запад, куда направлена поверхность крыши. Величина $\Delta W4$ даёт возможность проанализировать ожидаемый эффект и полученный эффект от применения фотоэлектрической станции в составе системы электроснабжения объекта в течение 5 лет эксплуатации.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим уровень реализации имеющегося ресурса солнечной энергии для рассматриваемой точки на поверхности Земли средствами крышной фотоэлектрической станцией в течение суток на примере 22 июня (характерный летний день). При использовании имеющейся ограждающей конструкции, ориентированной под углом 17° относительно горизонта на юго-восток и юго-запад, для установки модулей пик графика выработки электрической энергии смещается незначительно на один час назад. При этом с 7^{00} до 16^{00} относительно горизонтальных модулей и с 7^{00} до 14^{00} относительно оптимально размещенной приемной поверхности рассматриваемая компоновка фотоэлектрической станции будет функционировать эффективней на 1,0–7,4 % и на 1,4–56,3 % соответственно, причем наилучшие условия эксплуатации наблюдаются в утреннее время, так как большая часть модулей ориентирована на юго-восток. С 19^{00} и до заката часть модулей, ориентированных на юго-запад, также обеспечивает более высокий уровень выработки электрической энергии, чем при оптимальном варианте ориентации модулей в пространстве (3,5–18,7 %). Однако в сумме за летний

день генерация энергии станцией будет соизмерима со значением, получаемым на горизонтальной к поверхности Земли приёмной площадке, и немного превышать оптимальный вариант пространственного размещения модулей (6,0 %).

Если развернуть модули с угла наклона ограждающей конструкции относительно горизонта ($\beta = 17^\circ$) до оптимального угла при юго-восточной и юго-западной ориентации ($\beta_{\text{опт}} = 35^\circ$), то суммарно за сутки выработка электрической энергии уменьшится на 4,5 %, так как летом эффективней утилизирует модуль солнечную энергию с меньшими углами наклона относительно горизонта.

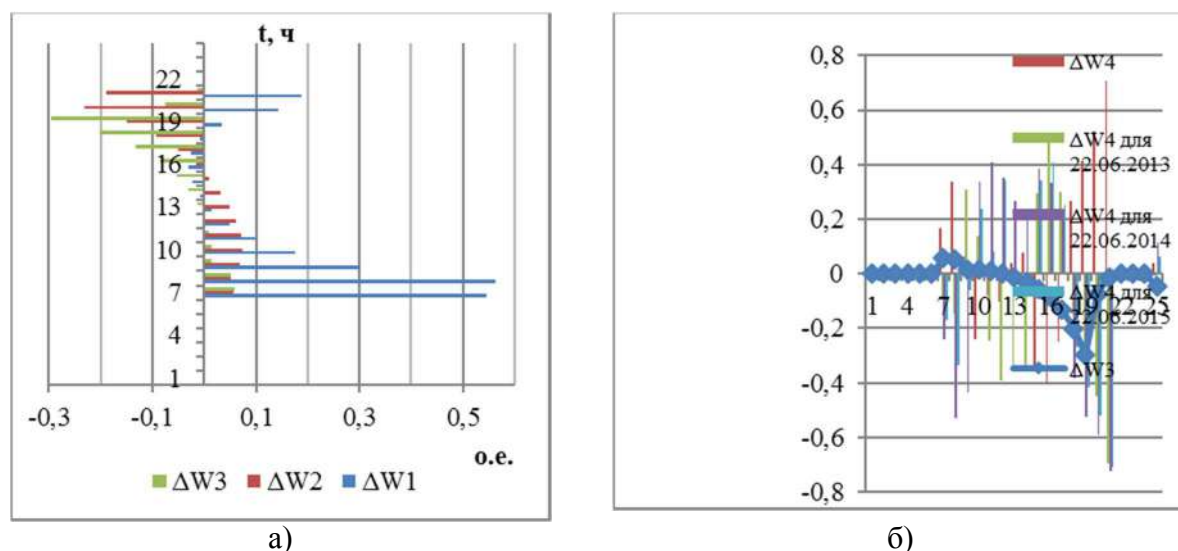


Рисунок 4 –Отклонения расчетной (а) и реальной (б) выработки электрической энергии модулями от генерации тем же модулями различных вариантов пространственной ориентации для 22 июня (n = 174)

Figure 4 - Deviations of the calculated (a) and actual (b) electrical energy generation by modules from the generation by the same modules of various options for spatial orientation for June, 22 (n = 174)

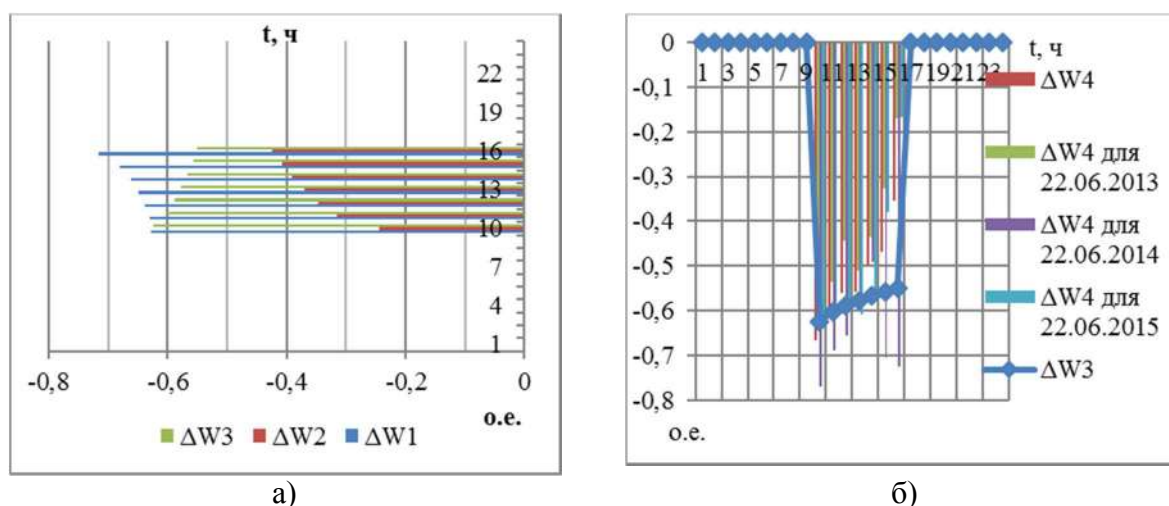


Рисунок 5 – Отклонения расчетной (а) и реальной (б) выработки электрической энергии модулями от генерации тем же модулями различных вариантов пространственной ориентации для 22 декабря (n = 356)

Figure 5 - Deviations of the calculated (a) and actual (b) electrical energy generation by modules from the generation by the same modules of various options for spatial orientation for December, 22 (n = 356)

В весенний и осенний день с 8^{00} до 10^{00} , из-за того что большая часть модулей развернута на юго-восток, суммарная выработка станции превышает генерацию оптимально ориентированных модулей на 11,7-12,3 %. В остальное же время суток потеря мощности составляет 4,4-15,8 % с 11^{00} до 16^{00} и достигает 24,9-27,4 % на закате. При этом если сравнить эти же значения генерации с функционированием горизонтального модуля, то следует отметить, что модули утилизируют значительную часть ресурса солнечной энергии района, а именно на 16,3-34,7 % с 7^{00} до 13^{00} и 0,2-15,3 % с 14^{00} до 17^{00} больше, чем величина на горизонтальной к поверхности Земли приёмной площадке. При этом за сутки преобразуется на 9,8–11,6% больше потока солнечной энергии при горизонтальной ориентации к поверхности Земли и на 12,3-14,4 % меньше от максимального потока за этот же период. Если же угол наклона модулей увеличить с 17° до 35° относительно горизонта, то суточная выработка электрической энергии возрастет на 4,4-5,6 %.

В зимний день ($n = 356$) размещение модулей под углами согласно пространственной ориентации ограждающих конструкций здания приводит к существенному снижению генерации энергии по сравнению с оптимальным вариантом их ориентации (65,4%), горизонтальным размещением (36,3%) и оптимальной ориентации для заданной ориентации по сторонам света (58,2%), так как Солнце движется низко над горизонтом и угол наклона 17° относительно горизонта существенно ниже рекомендованных значений для зимнего времени года.

Реальные значения выработки электрической энергии за рассматриваемый период 2017–2020 гг. в течение суток наиболее отличаются от прогнозируемых значений в летний день, что связано с различной активностью Солнца и прозрачностью атмосферы за период наблюдения (2013–2015 гг.). Для всех остальных характерных дней форма ожидаемого отклонения генерации электрической энергии примерно совпадает с реальными значениями.

На рисунке 6 показаны отклонения смоделированных значений помесечной выработки электрической энергии фотоэлектрическими модулями установленной конфигурации рассматриваемой станции от генерации, получаемой тем же количеством модулей только других вариантов пространственной ориентации.

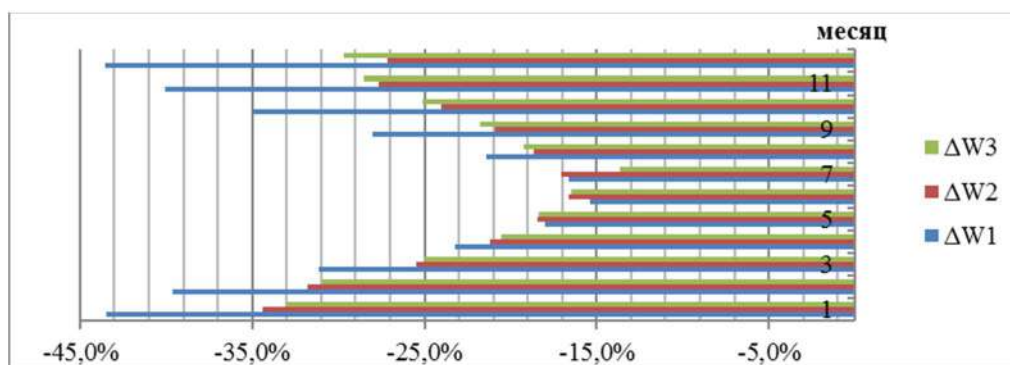


Рисунок 6 – Отклонения помесечной выработки электрической энергии модулями от генерации тем же модулями различных вариантов пространственной ориентации

Figure 6 - Deviations of the monthly electrical energy generation by modules from the generation by the same modules of various options for spatial orientation

Если проанализировать выработку электрической энергии по месяцам (рисунок 6), то видно, что существующая компоновка фотоэлектрической станции не дает возможности в полной мере утилизировать весь поток приходящего солнечного излучения. Снижение уровня генерации по сравнению с максимально возможным значением составляет 15,4–28,0% с апреля по октябрь и 31,1–45,5% в остальные месяцы. А ресурс

солнечной энергии по сравнению с горизонтальным размещением к поверхности Земли также реализуется не в полном объёме: на 16,6–21,21% ниже с апреля по ноябрь и 24,0–34,4% – в остальное время года. При этом за год выработка электрической энергии модулями рассматриваемой электрической станции ниже на 21,5%, чем горизонтальными модулями, 21,2% – чем оптимально размещёнными при ориентации на юго-восток и юго-запад и 25,9% – чем оптимально размещёнными.

Выводы. Сделан подробный анализ уровня утилизации ресурса солнечной энергии на примере действующей крышной фотоэлектрической станцией. Крышная фотоэлектрическая станция для электроснабжения объекта досуга и торговли (Волгоградская область) оборудована модулями юго-восточной и юго-западной ориентации с углом наклона 17° относительно горизонта. Существующая компоновка фотоэлектрической системы не дает возможности в полной мере утилизировать весь поток приходящего солнечного излучения: за год выработка электрической энергии модулями рассматриваемой электрической станции ниже на 21,5 %, чем горизонтальными к поверхности Земли модулями, 21,2 % – чем оптимально размещёнными при ориентации на юго-восток и юго-запад и 25,9 % – чем оптимально размещёнными.

Библиографический список

1. Даус Ю. В., Харченко В. В., Свентицкий И. И. Оценка данных из различных источников актинометрической информации об интенсивности суммарного солнечного излучения // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 1(26). С. 98-103.
2. Ресурсный потенциал солнечной энергии для установок, использующих ее в системе энергоснабжения потребителей Г. Волжского / Ю. В. Даус [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 129. С. 297-307.
3. A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul / J. Byrne [et al.] // Renew Sustain Energy Rev. 2015. Vol. 41. P. 830–844.
4. Ackermann T., Andersson G., Soder L. Distributed generation: a definition // Electric Power Syst Res. 2001. Vol. 57. P. 195–204.
5. Asif M. Urban scale application of solar PV to improve sustainability in the building and the energy sectors of KSA // Sustainability. 2016. Vol. 8. No 11. P. 112–124.
6. Gautam B. R., Li F., Ru G. Assessment of urban roof top solar photovoltaic potential to solve power shortage problem in Nepal // Energy and Buildings. 2015. Vol. 86. P. 735–744.
7. James G., Peng W., Deng K. Managing household wind-energy generation // IEEE IntellSyst. 2008. Vol. 23. No 5. P. 9–12.
8. Optimizing rooftop photovoltaic distributed generation with battery storage for peer-to-peer energy trading / S. Nguyen [et al.] // Applied Energy. 2018. Vol. 228. P. 2567-2580.
9. Suomalainen K., Wang V., Sharp B. Rooftop solar potential based on LiDAR data: Bottom-up assessment at neighbourhood level // Renew Energy. 2017. Vol. 111. P. 463–467.
10. Wang Y., Wang D., Liu Y. Study on Comprehensive Energy-saving of Shading and Photovoltaics of Roof Added PV Module // Energy Procedia. 2017. Vol. 132. P. 598-603.

Информация об авторах

Даус Юлия Владимировна, инженер отдела НИОКР, интеллектуальной собственности и трансфера технологий, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (РФ, 196605, г. Санкт-Петербург, Петербургское ш., д. 2), кандидат технических наук, тел. 8 (812) 476-23-33, e-mail: zirochka2505@gmail.com.

Харченко Валерий Владимирович, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (РФ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (499) 171-19-33, e-mail: kharval@mail.ru.

Юдаев Игорь Викторович, декан электроэнергетического факультета, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (РФ, 196605, г. Санкт-Петербург, Петербургское ш., д. 2), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (812) 476-23-33, e-mail: etsh1965@mail.ru.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF WORKING PARTS FOR SOIL TREATMENT AND DESTRUCTION OF WEEDS

A. V. Dobrinov, N. I. Dzhabborov, S. V. Chugunov

*Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production –
the branch of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Agroengineering
Center «All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization of the Russian Academy
of Agricultural Sciences», St. Petersburg*

Received 01.03.2022

Submitted 28.04.2022

The work was carried out on the topic of State Task No. 0581-2019-0026 "To develop intelligent systems, complexes of machines and equipment for managing agricultural ecosystems that ensure environmental safety and a stable state of the natural environment"

Summary

The article presents the results of a comparative agrotechnical and energy assessment of the effectiveness of promising working bodies for tillage and the destruction of weeds, mainly Sosnowsky's hogweed. It has been established that the best quality of weed cutting was provided by a sickle-shaped working body with a double radius. The developed working bodies will improve the overall quality of tillage, due to the complete pruning and, accordingly, the destruction of weeds with a powerful root system.

Abstract

Introduction. The existing variety of different designs of tillage units that provide the possibility of carrying out various technological works, including cultivation, do not fully meet the agrotechnical requirements set by agronomists for fine tillage, in particular, for cutting the powerful tap root system of Sosnowsky's hogweed, which has spread over decades in most areas of farmland Northwest of the Russian Federation. Taking into account the natural and climatic conditions of the region, the institute developed working parts for tilling the soil and cutting weeds with hard-to-remove root stalks. The aim of the research is a comparative agrotechnical and energy assessment of the effectiveness of the working parts for tillage and the destruction of weeds, mainly Sosnowsky's hogweed in organic crop rotation. **Object.** The object of research is the working parts, consisting of racks with chisels, damping elements, on which one-sided soil-cutting paws are installed in the form of a wing, which has the shape of a convex quadrangle, which improves the process of cutting plants and loosening the soil, as well as the appearance of self-oscillations to prevent soil sticking to the wing and plants. **Materials and methods.** The program and methodology of the experiments provided for the study of three variants of soil-cutting paws for a comparative assessment of the effectiveness of the quality of cutting weeds, designed for loosening and complete cutting of weeds to a depth of 10 to 15 cm in a shallow tillage system. The energy assessment of the working parts was carried out using the measuring and information complex of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production, aggregated with the Belarus-82.1 tractor. The degree of destruction of weeds was studied at three speeds of movement of each experimental working part of 5, 8, 12 km/h. **Results and conclusions.** As a result of field experiments, working parts with three different forms of cutting paws (wings) for tillage and destruction of weeds with a powerful root system were studied. The average depth of pruning of the root system of hogweed by working parts was 10-12 cm. The total pruning of weeds was 100%. The best quality of cutting weeds was provided by the working part, which has a crescent shape with a double radius. Such a working part will improve the overall quality of tillage, due to the complete pruning and, accordingly, the destruction of weeds with a powerful root system. The traction resistance of the working parts, according to the results of the energy assessment, was in the range from 0.9 to 1.75 kN (with a swept wing); 1.06 to 1.9 kN (with a sickle-shaped wing having a double radius); 1.43 to 1.91 kN (with crescent-shaped wing) at speeds from 5 to 12 km/h. The patterns of changes in the agrotechnical and operational indicators of experimental working parts obtained in the course of research can later be used in the design of units and substantiation of rational modes of their operation in the system of biologized technologies for the production of agricultural products.

Key words: *tillage, cutting weeds, root stalk, sickle-shaped working part, design parameters, biologized technology.*

Citation. Dobrinov A.V., Dzhaborov N.I., Chugunov S.V. Comparative assessment of the efficiency of working parts for soil treatment and destruction of weeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 465-480 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-57.

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

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

УДК 631.316.272

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

А. В. Добринов, кандидат технических наук, доцент
Н. И. Джаббаров, доктор технических наук, профессор
С. В. Чугунов, научный сотрудник

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург*

Дата поступления в редакцию 01.03.2022

Дата принятия к печати 28.04.2022

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0581-2019-0026 «Разработать интеллектуальные системы, комплексы машин и оборудования для управления сельскохозяйственными экосистемами, обеспечивающие экологическую безопасность и устойчивое состояние природной среды»

Актуальность. Существующее многообразие различных конструкций почвообрабатывающих агрегатов, обеспечивающих возможность проведения различных технологических работ включая культивацию, не в полной мере отвечают заданным агрономами агротехническим требованиям, предъявляемым для мелкой обработки почвы, в частности к подрезанию мощной стержневой корневой системы борщевика Сосновского, распространившегося за десятилетия на большинстве территорий сельхозугодий Северо-запада РФ. С учетом природно-климатических условий региона институтом были разработаны рабочие органы для обработки почвы и подрезания сорной растительности, имеющей трудноудаляемые корнестебли. Целью исследований является сравнительная агротехническая и энергетическая оценка эффективности рабочих органов для обработки почвы и уничтожения сорных растений, преимущественно борщевика Сосновского, в органическом севообороте. **Объект.** Объектом исследований являются рабочие органы, состоящие из стоек с долотами, демпфирующих элементов, на которых установлены односторонние почворезающие лапы в виде крыла, имеющего форму выпуклого четырехугольника, обеспечивающие улучшение процесса резания растений и рыхления почвы, а также появление автоколебаний для предотвращения налипания на крыло почвы и растений. **Материалы и методы.** Программой и методикой проведения экспериментов были предусмотрены исследования трех вариантов почворезающих лап для сравнительной оценки эффективности качества резания сорной растительности, предназначенных для рыхления и полного подрезания сорной растительности на глубину от 10 до 15 см в системе мелкой обработки почвы. Энергетическая оценка рабочих органов проводилась с использованием измерительно-информационного комплекса ИИК-ИАЭП, агрегируемого с трактором Беларус-82.1. Степень уничтожения сорной растительности исследовалась на трех скоростях перемещения каждого экспериментального рабочего органа 5, 8, 12 км/ч. **Результаты и выводы.** В результате проведения полевых экспериментов были исследованы рабочие органы с тремя различными формами подрезающих лап (крыльев) для обработки почвы и уничтожения сорной растительности, имеющей мощную корневую систему. Средняя глубина подрезания корневой системы борщевика рабочими органами составила 10-12 см. Общее подрезание сорной растительности 100%.

Наилучшее качество подрезания сорной растительности обеспечил рабочий орган, имеющий серповидную форму с двойным радиусом. Такой рабочий орган позволит повысить в целом качество обработки почвы благодаря полному подрезанию и, соответственно, уничтожению сорной растительности, имеющей мощную корневую систему. Тяговое сопротивление рабочих органов по результатам энергетической оценки находилось в пределах от 0,9 до 1,75 кН (с крылом стреловидной формы); 1,06 до 1,9 кН (с крылом серповидной формы, имеющим двойной радиус); 1,43 до 1,91 кН (с крылом серповидной формы) при скоростях от 5 до 12 км/ч. Полученные в процессе исследований закономерности изменения агротехнических и эксплуатационных показателей экспериментальных рабочих органов в дальнейшем могут быть использованы при проектировании агрегатов и обосновании рациональных режимов их работы в системе биологизированных технологий производства сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: *способы обработки почвы, подрезание сорняков, корнестебли, серповидные рабочие органы, биологизированные технологии обработки почвы.*

Цитирование. Добринов А. В., Джаббаров Н. И., Чугунов С. В. Сравнительная оценка эффективности рабочих органов для обработки почвы и уничтожения сорных растений. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 465-480. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-57.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время мировой рынок сельхозмашин, представленный российскими и зарубежными производителями, предлагает сельхозтоваропроизводителям широкий выбор почвообрабатывающей техники [12]. Большинство из производимых почвообрабатывающих агрегатов предназначены для культивации почвы в различных природно-климатических зонах страны, при этом они значительно различаются по составу, компоновке, форме рабочих органов и способу механического воздействия на обрабатываемую среду. Оптимальный выбор комбинации рассматриваемых параметров является решением основной задачи качественной обработки почвы для таких машин. Так, культиваторы, снабженные стрельчатыми (плоскорежущими) лапами, должны обеспечивать рыхление почвы без оборачивания пласта, сочетающееся с одновременным подрезанием корней сорной растительности.

К процессу культивации предъявляются достаточно строгие агротехнические требования, среди которых необходимо проводить рыхление почвы без выноса влажных слоев на поверхность, без ее уплотнения и распыления; плоскорежущие рабочие органы должны уничтожать не менее 98–99 % сорной растительности, при этом необходимо обеспечить стабильность глубины обработки [5].

Однако существующее многообразие различных конструкций почвообрабатывающих агрегатов, обеспечивающих возможность проведения различных технологических работ включая культивацию, часто не в полной мере отвечают заданным агрономами агротехническим требованиям, предъявляемым для поверхностной и мелкой обработки почвы, в частности к подрезанию мощной стержневой корневой системы, обладателем которой является борщевик Сосновского, один из самых опасных инвазивных видов, распространившихся за три десятилетия на большинстве территорий сельскохозяйственных СЗФО РФ [6].

С развитием в последние годы прогрессивных биологизированных технологий производства органической продукции в растениеводстве назрела необходимость в отказе от средств химической защиты растений, в частности гербицидов, при борьбе с

многолетними злостными сорняками, взамен которых предлагается активное использование методов механической обработки почвы, направленных на сохранение ее естественного сложения, предотвращение развития деградиционных процессов и поддержание биоразнообразия экосистем.

Так нами [15] была исследована эффективность уничтожения борщевика различными рабочими органами почвообрабатывающих орудий для поверхностной обработки почвы. Выявлено, что результативным технологическим приемом уничтожения таких сорняков является его подрезание рабочими органами с изменяемой шириной захвата на 92,4 %, при этом типовые стрельчатые культиваторные лапы обеспечивают эффективность подрезания лишь на 78,5 %, а лапы стерневых культиваторов – на 67,8 %.

В работе [1] исследованы формы поверхностей рабочих органов культиваторов с учетом механико-бионического подхода. Определена оптимальная криволинейная форма рабочей поверхности, выполненная в виде логарифмической спирали, обеспечивающая скольжение почвы и растительных остатков с минимальной энергоемкостью.

В работе [7] рассмотрены силовые воздействия на культиваторную лапу в процессе ее работы, в частности исследованы три режима взаимодействия: рубящее резание; резание с продольным перемещением, но без скольжения и резание со скольжением, последний из которых характеризуется тем, что из-за максимального трения наблюдается скольжение почвенных агрегатов вдоль лезвия.

Аналитические исследования [2] рыхлительно-подрезающих лап культиватора в питомниках показали, что за счет рациональной геометрии рабочего органа можно обеспечить его устойчивый ход при эксплуатации на любых типах почв, при этом лучшие условия для устойчивости лапы в почве создаются при увеличении ширины захвата и уменьшении угла атаки, а увеличение фронтальной площади лапы приводит к значительному увеличению ее общего тягового сопротивления.

В работе [9] предложена методика проектирования формы рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы, которая позволяет рассчитать его форму, обеспечивающую рыхление до мелко-комковатой структуры без выноса нижних влажных слоев почвы на дневную поверхность, неуплотненную подошву со снижением затрат энергии из-за плавного обтекания и схода почвы с лапы.

В работе [4] обоснованы оптимальные параметры стрельчатой плоскорезущей лапы с помощью многофакторного эксперимента, такие как глубина обработки, скорость движения, и интервалы их варьирования, при этом за параметр оптимизации принята полнота подрезания сорняков.

В работе [10] выявлена взаимосвязь технологических, энергетических и экономических параметров работы универсального парового культиватора, при этом получена зависимость тягового сопротивления культиватора от технологических и конструктивных параметров, а также установлено, что увеличение ширины захвата культиваторной лапы сопровождается пропорциональным увеличением тягового сопротивления агрегата.

Исследованием [3] определена зависимость ширины зоны рыхления почвы культиваторной лапой от глубины хода и скорости движения на стерневом фоне после уборки озимой пшеницы. Выявлено, что лапа образует взрыхленную полосу и полосу разброса почвы, ширина которых линейно зависит от глубины обработки, при этом скорость движения не оказывает влияния на ширину зоны рыхления, а зона разброса почвы увеличивается по закону слабо выраженной квадратичной параболы.

В исследовании [11] создана математическая модель процесса образования изоморфного слоя скольжения почвы по контактной поверхности режущего элемента при их контактном силовом механическом взаимодействии и выявлена зависимость свойств потока фракций слоя от динамики скольжения, ориентации и свойств почвы-среды многомерного контактного слоя.

Изучение работы [8] криволинейного рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы показало его энергоэффективность по сравнению с типовым рабочим органом. Установлено, что наибольшее влияние на рост тягового сопротивления оказывает увеличение угла крошения долота.

В материалах работы [16] представлены результаты экспериментальных исследований рабочих органов для глубокого рыхления почвы, выполненных по определенному радиусу в форме дуги для плавного скольжения и перехода подрезанного пласта почвы от долота к лобовой поверхности стойки и обеспечивающих эффективность технологического процесса рыхления по требованиям агротехники.

В исследовании [17] предложены математические модели процесса накопления кинетической энергии и изменения конструктивных параметров динамичных почвообрабатывающих рабочих органов стреловидной формы с шириной захвата 330 мм для поверхностной обработки почвы на глубину до 14 см. В частности, установлено, что в конкретных условиях проведения экспериментов с повышением скоростного режима работы среднее значение ширины захвата рабочего органа колеблется в определенных заданных конструктивными параметрами пределах и является случайной величиной.

Авторами работы [13] выявлены основные недостатки работы культиваторов с серийными рабочими органами на почвах, подверженных ветровой эрозии. На основе проведенных исследований предложена новая конструкция рабочего органа культиватора, проведены сравнительные лабораторные исследования лап культиватора, обоснована схема нового рабочего органа на соответствие основным требованиям почвозащитного, экологически безопасного, ресурсосберегающего земледелия.

Анализ существующих конструкций рабочих органов различных видов машин для поверхностной и мелкой обработки почвы, представленный на основе научных работ авторов с использованием классических методов теоретической механики, механики грунтов и практических экспериментов, показал, что основные исследования в области разработки новых рабочих органов направлены на изучение рыхления (деформации) почвы и удаления сорной растительности. При этом установлено, что форма режущего элемента в значительной степени влияет на качественные показатели обработки почвы. Поэтому при определении конструктивных параметров рабочего органа необходимо прежде всего основываться на показателях, которые обеспечивают требуемое качество уничтожения сорных растений и снижение энергетических затрат на выполнение операций.

С учетом природно-климатических условий Северо-Запада России в ИАЭП-филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ были разработаны рабочие органы для обработки почвы и уничтожения многолетних сорняков (патент РФ 2769225), имеющих мощную корневую систему. Особенностью конструкции созданных рабочих органов является использование односторонних крыльев нестандартной формы, установленных на упругих элементах, которые обеспечивают появление автоколебаний для препятствия налипания на крыло почвы и растений и улучшение процесса их резания и рыхления. Разработанные формы крыльев позволяют избавиться от скопления неперерезанных сорняков на их концах и возможности ими их обволакивания.

Цель исследований – сравнительная агротехническая и энергетическая оценка эффективности рабочих органов для обработки почвы и уничтожения сорных растений, преимущественно борщевика Сосновского, в органическом севообороте.

Материалы и методы. Объектом исследований являются рабочие органы (рис. 1), каждый из которых содержит стойку с долотом, с противоположной стороны которого жестко крепится демпфирующий элемент, выполненный из пружинной стали, на которых установлены односторонние почворежущие лапы в виде крыльев различной формы.

Угол крошения долота равен 30^0 , ширина захвата каждого рабочего органа – 540 мм, крыльев – 480 мм, толщина крыльев – 14 мм. Материал крыла - сталь HARDOX 450, обладающая высокими прочностными и ударными характеристиками.

Программой и методикой проведения экспериментов были предусмотрены исследования трех вариантов почворезущих лап для сравнительной оценки эффективности качества резания сорной растительности (рисунок 1), предназначенных для рыхления и полного подрезания сорной растительности на глубину от 10 до 15 см в системе мелкой обработки почвы.

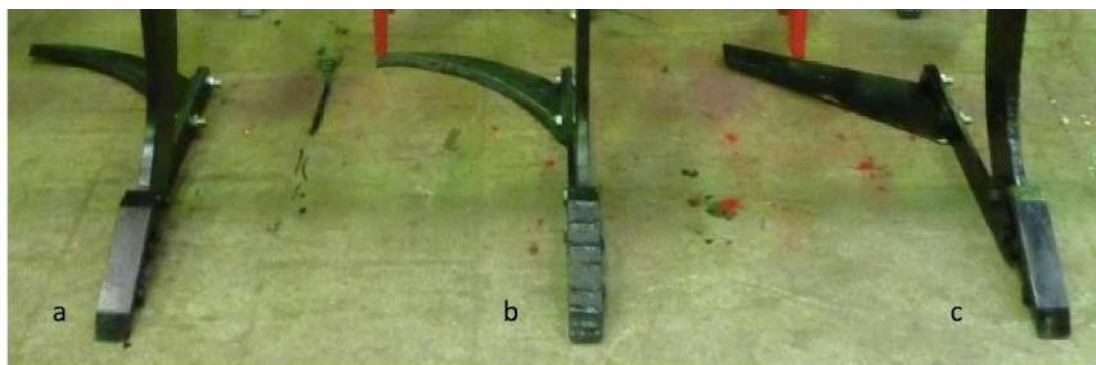


Рисунок 1 – Экспериментальные образцы рабочих органов для уничтожения сорной растительности с мощной корневой системой: а – серпообразным подрезающим крылом, выполненным по одному радиусу; б – серпообразным подрезающим крылом, выполненным по двум радиусам; с – стреловидным подрезающим крылом

Figure 1 - Experimental samples of working bodies for the destruction of weeds with a powerful root system: a - sickle-shaped undercutting wing, made along one radius; b - crescent-shaped cutting wing, made along two radii; c - swept undercut wing

Основные размеры почворезущих крыльев рабочих органов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные конструктивные параметры почворезущих крыльев экспериментальных рабочих органов

Table 1 – Main design parameters of soil-cutting wings experimental working bodies

Наименование параметра рабочего органа / Name of the working parameter body	Единица измерения / Unit of measurement	Значение / Value
Крыло серпообразной формы, выполненное по одному радиусу / Crescent-shaped wing, made along one radius		
Радиус кривизны крыла / Wing curvature radius	мм / mm	500
Крыло серпообразной формы, выполненное по двум радиусам / Crescent-shaped wing, made along two radii		
Радиусы кривизны крыла / Wing curvature radius	мм / mm	500/150
Крыло стреловидной формы / Swept wing		
Угол раствора (резания) крыла / Opening angle of the wing	град./degrees	55

Исследования работы экспериментальных почвообрабатывающих рабочих органов были проведены на территории экспериментально-производственной базы института в начале октября 2021 года при следующих условиях:

1. Агрофон - участок поля с многолетним в течение 6-8 лет массовым произрастанием сорной растительности (рисунок 2), преимущественно из борщевика Сосновского на землях сельскохозяйственного назначения в границах территории Пушкинского района г. Санкт-Петербурга. Предшествующая операция – дискование (проведена в июне 2021 г.).



Рисунок 2 – Агрофон участка поля перед проведением экспериментальных исследований рабочих органов

Figure 2 – Agrobbackground of the field section before the experimental studies of working bodies

Для оценки качества проведения эксперимента на существующем участке с целью установления необходимой глубины обработки почвы и соответственно подрезания нами предварительно были проанализированы основные почвенные и биометрические показатели сорной растительности, в данном случае, борщевика Сосновского.

2. Большинство корней сорняка находилось в слое почвы от 20 до 30 см (рисунок 3), а средняя ширина (толщина) корнестеблей варьировалась в пределах от 4 до 7 см на 1 м².



Рисунок 3 – Корневая система (стеблекорень) выкопанного борщевика

Figure 3 – Root system (stalkroot) of dug-out hogweed

3. Число генеративных побегов (плотность растений) находилось в пределах 1-3 шт/м². Для этого по диагонали каждого участка проводился подсчет растений на закрепленных площадках (рамка 1х1 м). На рисунке 4 показано определение количества произрастания стеблей растения на 1м² поля. При этом измерялась средняя высота растений, которая составила 20-35 см на м².



Рисунок 4 – Измерение плотности произрастания борщевика на экспериментальном участке

Figure 4 – Measurement of the density of hogweed growth in the experimental plot

4. Измерение твердости почвы на исследуемом участке производилось электронным пенетрологом Eijkelkamp 06.15 SA (рисунок 5). Средняя твердость почвы до обработки в слое 0-15 см составила 0,88 МПа.



Рисунок 5 – Измерение твердости почвы на исследуемом участке

Figure 5 – Measurement of soil hardness in the study area

5. Определение количества находящихся камней на поверхности участка и их размеров производилось подсчетом на закрепленных площадках с помощью рамки 1х1 м. Среднее количество камней на участке составило 0,005 шт/м². Размеры камней – 250-350 мм/м² (рисунок 6).

6. Почва опытного участка светло-серая лесная, среднесуглинистая по гранулометрическому составу, дерново-подзолистая. Влажность почвы определялась с помощью взятия почвенных проб пробоотборником и составила после сушки 20,2 %. Площадь участка – 0,5 га, длина гона – 100 м, относительная влажность воздуха – 65-70 %, температура воздуха 11-12 °С, средняя скорость ветра 3-4 м/с, рельеф поля 1-2 °.

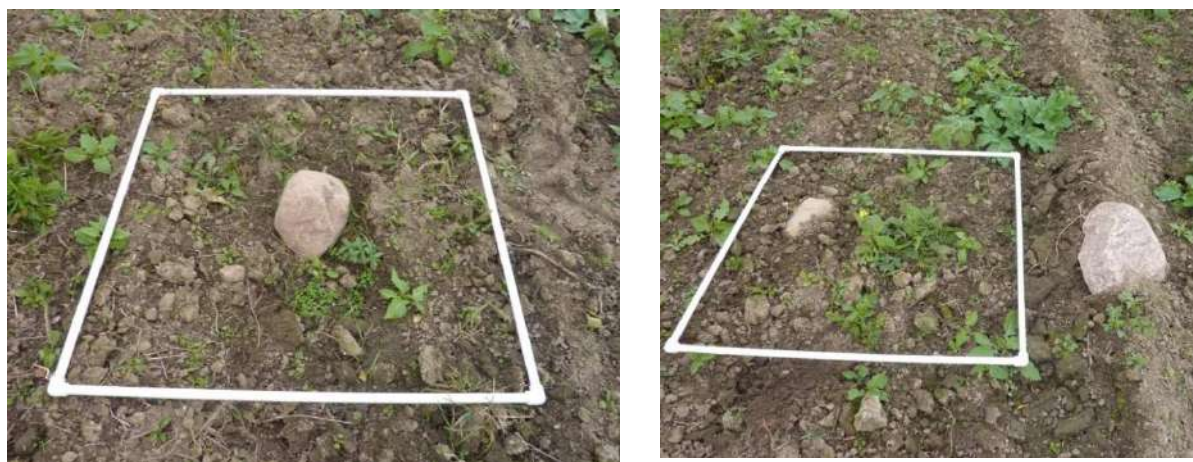


Рисунок 6 – Определение количества камней на участке и их размеров

Figure 6 – Determining the number of stones in the area and their sizes

Энергетическая оценка рабочих органов проводилась с использованием измерительно-информационного комплекса ИИК-ИАЭП, агрегируемого с трактором Беларус-82.1. Общий вид измерительно-информационного комплекса ИИК-ИАЭП с установленным экспериментальным рабочим органом представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Общий вид измерительно-информационного комплекса ИИК-ИАЭП в агрегате с трактором Беларус-82.1

Figure 7 – General view of the measuring and information complex ИИК-IAEP in the aggregate with the Belarus-82.1 tractor

Обоснование необходимой глубины обработки.

Большинство ученых [6, 14], занимающихся исследованием биологических особенностей борщевика Сосновского сходятся во мнении, что наиболее надежным способом искоренения сорняка является его подрезание на глубину не менее 10 см (в зави-

симости от размера корневой системы), так чтобы на оставшейся в почве его части не было почек, которые дают побеги возобновления. Известно, что корневая система растения сохраняет свою жизнеспособность, имея на стеблекорне так называемые почки возобновления (или точки роста), заглубленные ниже уровня почвы на 3–5 или 7–10 см и более в зависимости от их вида и типа почвы.

Важно при этом срезать точки роста (почки) инвазии, к которым относят верхушечную (терминальную), пазушные и боковые. В противном случае оставшиеся спящие почки пойдут в рост, и корнестебель борщевика даст новые всходы.

Поэтому глубина подрезания должна находиться в пределах центра корневой системы сорняка, при этом крайние боковые почки на корневой системе должны оказаться выше лезвия подрезающего крыла рабочего органа. При этом чем меньше будет угол среза между рабочим органом и плоскостью среза корня, тем выше качество уничтожения сорняка и крайние боковые почки будут срезаны вместе с верхней частью корневой системы борщевика (рисунок 8).

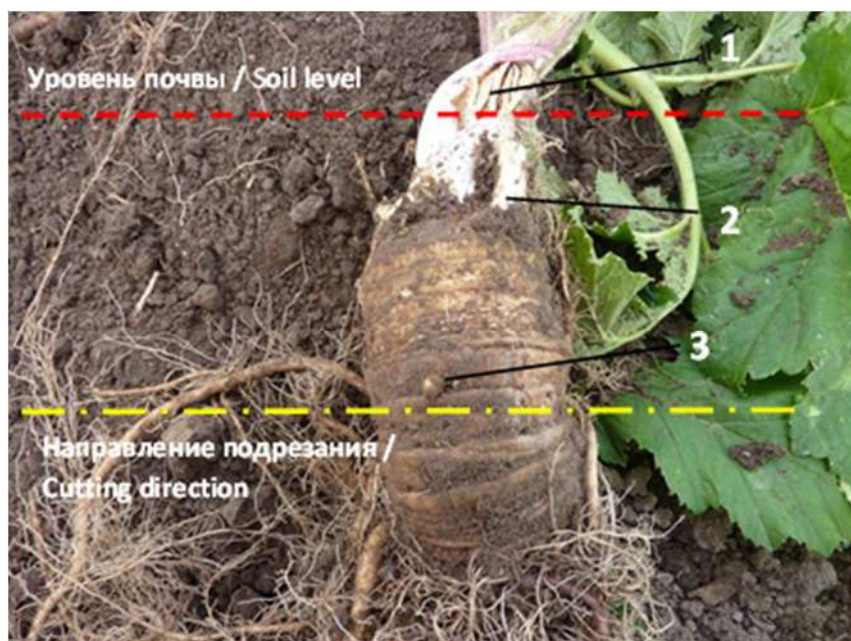


Рисунок 8 – Корневая система борщевика Сосновского:
1 – терминальная почка, 2 – пазушная почка; 3 – боковая почка

Figure 8 – The root system of Sosnovsky's hogweed:
1 – terminal bud, 2 – axillary bud; 3 – lateral kidney

Оценка условий проведения эксперимента, с учетом того, что большая часть корней сорняка (корнестебля) находилась в слое почвы от 20 до 30 см (рисунок 3), позволила определить необходимую глубину подрезания – 12 см. Степень уничтожения сорной растительности исследовалась на трех скоростях перемещения каждого экспериментального рабочего органа 5, 8, 12 км/ч.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований работы рабочего органа с крылом серповидной формы. На рисунке 9 представлен общий вид рабочего органа крылом серповидной формы, установленный на измерительно-информационном комплексе ИИК-ИАЭП в агрегате с трактором Беларус-82.1.



Рисунок 9 – Общий вид рабочего органа крылом серпообразной формы в процессе проведения исследований

Figure 9 – General view of the working body with a crescent-shaped wing in the process of research

На рисунке 10 представлены результаты подрезания сорных растений рабочим органом с крылом серпообразной формы.



Рисунок 10 – Подрезанная корневая система сорняка рабочим органом с крылом серпообразной формы

Figure 10 – Cut the root system of the weed by a working body with a crescent-shaped wing

Средняя глубина подрезания корневой системы борщевика варьировала в пределах 11-12 см. Общее подрезание сорной растительности составило 100 %. Из десяти корней пять были подрезаны выше точек роста (почек возобновления, рисунок 8), что в дальнейшем будет способствовать повторному прорастанию борщевика от оставшегося в почве корня. При этом большая часть корнестеблей была срезана под углом от 30 до 60 градусов, что и определило наличие боковых почек на оставшейся в почве корневой системе (рисунок 10). На всех скоростях перемещения рабочего органа обеспечивалось полное подрезание корнестеблей сорняка.

Результаты исследований рабочего органа с крылом серпообразной формы (с двойным радиусом). На рисунке 11 представлен общий вид рабочего органа крылом серпообразной формы (с двойным радиусом).



Рисунок 11 – Общий вид рабочего органа крылом серпообразной формы (с двойным радиусом) в процессе проведения исследований

Figure 11 – General view of the working body with a sickle-shaped wing (with a double radius) in the process of conducting research

На рисунке 12 представлены результаты подрезания сорных растений рабочим органом с крылом серпообразной формы (с двойным радиусом).



Рисунок 12 – Подрезанная корневая система сорняка рабочим органом с крылом серпообразной формы (с двойным радиусом)

Figure 12 – Cut the root system of the weed by a working body with a crescent-shaped wing (with a double radius)

Средняя глубина подрезания корневой системы борщевика варьировалась в пределах 12-13 см. Общее подрезание сорной растительности составило 100 %. Из десяти корней лишь один был подрезан выше точки роста (почек возобновления, рисунок 8), из чего можно сделать вывод, что качество подрезания соответствует требованиям агротехники. При этом подавляющая часть корнестеблей была срезана в плоскости перпендикулярной направлению роста корня. Ряд корней имел небольшой угол среза (от 0 до 20 град), что и определило отсутствие наличия боковых почек на оставшейся в почве корневой системе (рисунок 12). На всех скоростях перемещения данного рабочего органа обеспечивалось полное подрезание корнестеблей сорняка.



Рисунок 13 – Глубина подрезания корнестебля сорняка рабочим органом с крылом серпообразной формы (с двойным радиусом)

Figure 13 – Depth of weed root cutting by a working body with a sickle-shaped wing (with a double radius)

Результаты исследований рабочего органа с крылом стреловидной формы. На рисунке 14 представлен общий вид рабочего органа крылом стреловидной формы.



Рисунок 14 – Общий вид рабочего органа крылом стреловидной формы

Figure 14 – General view of the working body with an arrow-shaped wing

На рисунке 15 представлены результаты подрезания сорных растений рабочим органом с крылом стреловидной формы.

Средняя глубина подрезания корневой системы борщевика варьировалась в пределах 12 см. Общее подрезание сорной растительности составило 100 %. Из десяти корней три были подрезаны выше точек роста (почек возобновления, рисунок 8), что в дальнейшем также может способствовать повторному прорастанию борщевика от оставшегося в почве корня. При этом большая часть корнестеблей была срезана под углом от 15 до 30 град., что в меньшей степени определяет наличие боковых почек на оставшейся в почве корневой системе (рисунок 15). На всех скоростях перемещения рабочего органа обеспечивалось полное подрезание корнестеблей сорняка.



Рисунок 15 – Подрезанная корневая система сорняка рабочим органом с крылом стреловидной формы

Figure 15 – Weed root system cut by a working body with an arrow-shaped wing

Одновременно с определением качества подрезания сорняков была проведена энергетическая оценка всех рабочих органов на трех скоростях перемещения - 5, 8, 12 км/ч.

На рисунке 16 представлены зависимости тягового сопротивления R_a почвообрабатывающих рабочих органов от скорости V их перемещения при средней глубине обработки почвы 12 см.

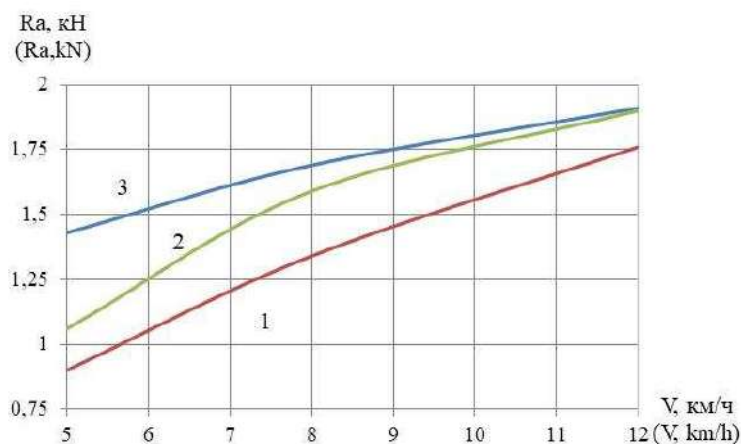


Рисунок 16 – Зависимости тягового сопротивления R_a экспериментальных рабочих органов от скорости V их перемещения:

1 – рабочий орган с крылом стреловидной формы, 2 – рабочий орган с крылом серповидной формы (с двойным радиусом), 3 – рабочий орган с крылом серповидной формы

Figure 16 – Dependences of the traction resistance R_a of experimental working bodies on the speed V of their movement:

1 - working body with a swept wing, 2 - working body with a sickle-shaped wing (with a double radius), 3 - working body with a sickle-shaped wing

Экспериментальные данные дают представление о том, что с увеличением скорости движения V рабочих органов растет их тяговое сопротивление R_a по слабовыпуклым кривым 1, 2 и 3. При этом наименьшее тяговое сопротивление имеет рабочий орган с крылом стреловидной формы, которое находится в пределах от 0,9 до 1,75 кН (кривая 1). Сопротивление рабочего органа с крылом серповидной формы, имеющим двойной радиус, находится в пределах от 1,06 до 1,9 кН (кривая 2). Рабочий орган с крылом серповидной формы имеет сопротивление от 1,43 до 1,91 кН (кривая 3). Уве-

личение сопротивления рабочих органов имеющих серповидную форму крыла объясняется большей траекторией (длиной) резания и плавно возрастающим углом раствора по сравнению с крылом стреловидной формы.

Следовательно, на основании полученных экспериментальных данных можно с уверенностью утверждать, что при использовании новых рабочих органов с крылом серповидной формы появление незначительного дополнительного сопротивления будет компенсировано более высоким качеством выполняемой операции.

Выводы. В результате проведения полевых экспериментов были исследованы рабочие органы с тремя различными формами подрезающих лап (крыльев) для обработки почвы и уничтожения сорной растительности, имеющей мощную корневую систему.

Средняя глубина подрезания корневой системы борщевика рабочими органами составила 10-12 см. Общее подрезание сорной растительности 100 %.

Наилучшее качество подрезания сорной растительности обеспечил рабочий орган, имеющий серповидную форму с двойным радиусом. Такой рабочий орган позволит повысить в целом качество обработки почвы благодаря полному подрезанию и, соответственно, уничтожению сорной растительности, имеющей мощную корневую систему.

Тяговое сопротивление рабочих органов по результатам энергетической оценки находилось в пределах от 0,9 до 1,75 кН (с крылом стреловидной формы); 1,06 до 1,9 кН (с крылом серповидной формы, имеющим двойной радиус); 1,43 до 1,91 кН (с крылом серповидной формы) при скоростях перемещения от 5 до 12 км/ч.

Полученные в процессе исследований закономерности изменения агротехнических и эксплуатационных показателей исследованных экспериментальных рабочих органов в дальнейшем могут быть использованы при проектировании агрегатов и обосновании рациональных режимов их работы для успешного уничтожения сорной растительности в системе биологизированных технологий производства сельскохозяйственной продукции.

Библиографический список

1. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Теоретические предпосылки к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стернового культиватора // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 2 (20). С. 183-191.
2. Бартенев И. М., Казаков В. И., Казаков И. В. Аналитические исследования рыхлительно-подрезающих лап культиватора для питомников // Лесотехнический журнал. 2011. №1. С. 17-21.
3. Василенко В. В., Борзило В. С. Зона рыхления почвы культиваторной лапой // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 4. С. 48-52.
4. Греков С. Е. Обоснование оптимальных параметров рабочего органа для поверхностной обработки почвы // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2010. № 3 (19). С. 199-206.
5. Камбулов С. И., Бабенко О. С., Божко И. В. Технологический процесс рыхления почвы плоскорезующей лапой и стойкой // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4 (40). С. 241–255.
6. Ламан Н. А., Прохоров В. Н., Масловский О. М. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси. Минск, 2009. 40 с.
7. Никонов М. В. Силовые воздействия на культиваторную лапу в процессе работы и возможности их оценки // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 3. С. 177-181.
8. Пархоменко Г. Г. Параметрическая оптимизация криволинейного рабочего органа для послейной безотвальной обработки почвы // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 3. С. 12-18.
9. Пикмуллин Г. В., Булгариев Г. Г. Методика проектирования формы рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 1 (19). С. 107-109.

10. Припоров Е. В. Технологические, энергетические и экономические показатели работы универсального парового культиватора // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 198-201.

11. Слободян С. М., Романишин А. Е., Романишина С. А. Скольжение почвы по режущему органу // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 7 (117). С. 146-153.

12. Юнусов Г. С., Ахмадеева М. М., Жук А. Ф. Обеспеченность растениеводства почвообрабатывающей техникой: состояние и перспективы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1 (48). С. 132-137.

13. Basic Parameters Substantiation of the Cultivator Working Body for the Continuous Tillage in the System of Ecologically Safe Resource-Saving Agriculture / V. V. Myalo, O. V. Myalo, E. V. Demchuk, V. V. Mazyrov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 224. 2019. № 012023.

14. Dalke I., Malyshev R., Maslova S. Growth of *Heracleum sosnowskyi* Manden. plant in indoor conditions after end of vegetation period (Version 0.1). Zenodo, 2018. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1244757>.

15. Dobrinov A. V., Trifanov A. V., Chugunov S. V. Analysis and estimate of efficiency technological methods the destruction of *Sosnowsky* hogweed in the north-west region of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 723 (3). P. 032087.

16. Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Eviev V. A. Evaluation of the energy parameters and agrotechnical indicators of aggregate for deep subsurface tillage // Journal of Physics: Conference Series. 2019. № 012036.

17. Modeling of the accumulation of kinetic energy in elastic elements and change in the constructive parameters of a dynamic soil-processing working part / N. I. Jabborov, A. V. Sergeev, V. A. Eviev, N. G. Ochirov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021. Vol. 16. № 6. P. 623-629.

Информация об авторах

Добринов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела технологий и технических средств производства продукции растениеводства (196625, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация), тел. 8(812) 466-55-78, ORCID: 0000-0002-3242-1235, E-mail: a.v.dobrinov@yandex.ru.

Джаббаров Нозим Исмоилович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела технологий и технических средств производства продукции растениеводства, (196625, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация), тел. 8(812) 466-55-78, ORCID: 0000-0001-8910-2625, E-mail: nozimjon-59@mail.ru.

Чугунов Сергей Валерьевич, научный сотрудник отдела технологий и технических средств производства продукции растениеводства (196625, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация), тел. 8(812) 466-55-78, 0000-0001-6820-3152, E-mail: mexfak@inbox.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-58

RESEARCH OF CHANGES IN THE LEVEL OF WATER ACIDITY IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM

A. P. Evdokimov, R. A. Evdokimov. A. A. Cherniaev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 22.04.2022

Submitted 26.05.2022

The research was carried out within the framework of the postgraduate training program in the department "Electrical equipment and electrical equipment of agricultural enterprises" of the Volgograd State Agrarian University on a budgetary basis

Summary

The article presents the results of a study of changes in the pH level in recirculating aquaculture system. The dependences of the change in the level of water acidity over time during normal operation and in an emergency are obtained.

Abstract

Introduction. When breeding fish in recirculating water supply systems, it is necessary to control the level of water acidity, since its change affects the survival of fish, feeding intensity, feed absorption, growth, gas exchange and other processes. The development and implementation of digital devices for monitoring changes in the level of water acidity and systems for its regulation based on modern microcontrollers is an important task for automating fish production by reducing emergency situations in recirculating water supply installations and increasing the economic efficiency of these installations.

Object. Water quality in recirculating water supply systems. **Materials and methods.** Recirculating water supply installations are a system consisting of several interconnected nodes. In the process of operation of recirculating water supply installations, the filtration elements are exposed to a large load of pollutants, which can lead to their failure and disruption of the acidity self-regulation system. To obtain data on changes in pH under industrial conditions, a digital device has been developed for collecting and processing data on water acidity when breeding sturgeon in recirculating water supply systems. **Results and conclusions.** As a result of studies of fluctuations in the level of acidity of water in a pool with fish, the dependences of pH changes on time were obtained during normal operation and in an emergency. The results of pH measurements obtained in real production conditions make it possible to present requirements for pH control systems. A mathematical model is proposed that makes it possible to predict the change in the content of the corrective agent introduced into the pool for recirculating water supply installations with make-up water supply.

Key words: water acidity, recirculating water supply installations, microcontroller, sturgeon fish.

Citation. Evdokimov A.P., Evdokimov R.A., Cherniaev A.A. Research of changes in the level of water acidity in recirculating aquaculture system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 480-490 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-58.

Author's contribution. All authors of the current study are directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors submitted articles about travel and travel submitted in the final version.

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

УДК 639.3.06:681.542.8:004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КИСЛОТНОСТИ ВОДЫ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. П. Евдокимов, кандидат технических наук, доцент

Р. А. Евдокимов, кандидат физико-математических наук, доцент

А. А. Черняев, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 22.04.2022

Дата принятия к печати 26.05.2022

*Исследования проводились в рамках программы аспирантской подготовки по кафедре
«Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» Волгоградского
государственного аграрного университета на бюджетной основе*

Актуальность. При разведении рыбы в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) необходимо контролировать уровень кислотности воды, поскольку его изменение оказывает влияние на выживаемость рыб, интенсивность питания, усвоение корма, рост, уровень газообмена и другие процессы. Разработка и внедрение цифровых устройств отслеживания изменения уровня кислотности воды и систем его регулирования на базе современных микроконтроллеров является важной задачей автоматизации рыбного производства за счет снижения аварийных ситуаций в УЗВ и повышения экономической эффективности данных установок. **Объект.** Качество воды в установках замкнутого водоснабжения. **Материалы и методы.** Установки замкнутого водоснабжения представляют собой систему, состоящую из нескольких взаимосвя-

занных узлов. В процессе работы УЗВ на элементы фильтрации оказывается большая нагрузка загрязняющими веществами, что может привести к выходу их из строя и нарушению системы саморегулирования кислотности. Для получения данных об изменении pH в производственных условиях разработано цифровое устройство для сбора и обработки данных о кислотности воды при разведении осетровых пород рыб в установках замкнутого водоснабжения. **Результаты и выводы.** В результате проведения исследований колебаний уровня кислотности воды в бассейне с рыбой получены зависимости изменения pH от времени при работе в штатном режиме и при аварийной ситуации. Полученные в условиях реального производства результаты измерений pH позволяют предъявить требования к системам регулирования pH. Предложена математическая модель, которая дает возможность прогнозировать изменение содержания корректирующего вещества, вносимого в бассейн, для УЗВ с подачей подпиточной воды.

Ключевые слова: кислотность воды, установки замкнутого водоснабжения, микроконтроллеры, осетровые породы рыбы.

Цитирование. Евдокимов А. П., Евдокимов Р. А., Черняев А. А. Исследование изменения уровня кислотности воды в установках замкнутого водоснабжения. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 480-490. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-58.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Результатом развития индустриального рыбоводства в садках и бассейнах стало разведение рыбы в замкнутых системах водоснабжения. Данный способ позволяет сократить до минимума потребление чистой воды, строить рыбоводческие предприятия на источниках воды небольшой мощности, разводить различные породы рыб независимо от внешних погодных условий, исключать период зимовки, управлять режимами выращивания рыбы, регулировать температуру воды и кормление, что приводит к увеличению темпов прироста массы по сравнению с другими способами разведения. Применение установок замкнутого водоснабжения в исследовательских целях дает возможность создавать в лаборатории необходимые условия практически для любого обитателя пресных и соленых вод [1, 2, 11], но при всех плюсах в УЗВ есть и недостатки.

Для правильного функционирования установок, создания безопасной среды для рыбы необходим постоянный контроль химического состава воды, одним из важных показателей которого является уровень pH [3, 5].

На изменение pH в замкнутой системе водоснабжения влияют как биологические процессы, происходящие в бассейне, например, выделение продуктов жизнедеятельности рыбы, так и технологические процессы. При выходе из строя одного из элементов системы фильтрации воды баланс pH может смещаться к опасным значениям. Например, засорение механического фильтра приводит к тому, что из воды перестают удаляться загрязнения. Неотфильтрованная вода возвращается в бассейн, а pH воды падает в кислотную сторону, создавая угрозу как рыбе, так и правильной работе всей системы.

Изменение уровня pH влияет на интенсивность питания, степень усвоения корма, рост, уровень газообмена и другие жизненные процессы, а в критических случаях может привести к гибели рыбы [6, 9, 10].

Низкие значения уровня кислотности снижают защитную способность рыб к болезням. Как известно, при снижении pH до 5,5 у карпа появляется повышенная чувствительность к водным бактериям, а процесс денитрификации смещает pH в щелочную сторону, поэтому при разведении рыбы в УЗВ токсичные и вредные для рыбы вещества должны проходить процесс фильтрации и удаления.

Устройства для автоматического измерения и поддержания уровня кислотности воды повышают экономическую эффективность работы УЗВ за счет сокращения потерь оборотной воды и увеличивают прирост массы разводимой рыбы. При этом могут применяться микроконтроллеры, программируемые логические контроллеры и SCADA-системы, а также технологии беспроводной связи [12]. Микроконтроллер является относительно недорогим и малогабаритным средством автоматизации, что дает ему несомненное преимущество перед другими средствами автоматизации [4, 7, 8].

Материалы и методы. Установка замкнутого водоснабжения представляет собой систему, состоящую из нескольких взаимосвязанных элементов, выполняющих определенную задачу. Структурная схема установки приведена на рисунке 1. Элементами такой системы являются накопительная емкость с подпиточной водой, ультрафиолетовый обеззараживатель воды, бассейн с рыбой, механический фильтр, биологический фильтр, насос водяной и аэратор.

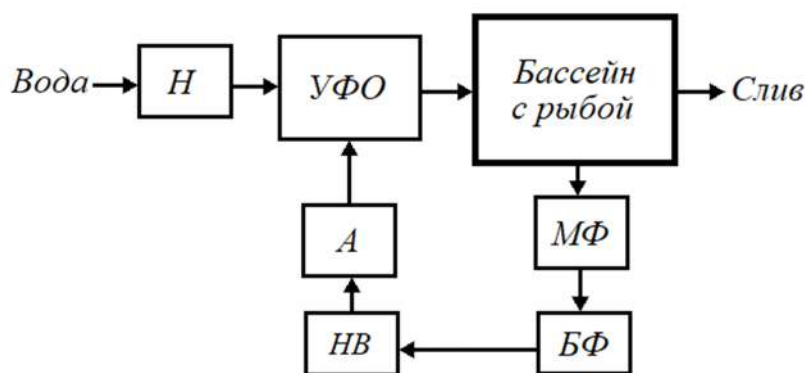


Рисунок 1 – Структурная схема установки замкнутого водоснабжения: Н – накопительная емкость, УФО – ультрафиолетовое обеззараживание воды, МФ – механический фильтр, БФ – биологический фильтр, НВ – насос водяной, А – аэратор

Figure 1 – RAS block diagram: Н – storage tank, УФО – ultraviolet disinfection of water, МФ – mechanical filter, БФ – biological filter, НВ – water pump, А – oxygen generator

Вода, вытекающая из бассейна с рыбой с остатками корма, попадает в механический фильтр, где подается на мелкую сетку барабана, задерживающую крупные и средние остатки кормов. После того как сетка барабана забивается, уровень воды в фильтре поднимается и включаются промывочные форсунки, подающие чистую воду под давлением. Механическую фильтрацию применяют с целью снизить мутность воды и очистить её от загрязнения.

После фильтрации в механическом фильтре вода подвергается процессу биологической очистки, которая заключается в утилизации растворенных загрязняющих веществ, которые не были удалены на этапе механической очистки посредством микроорганизмов.

Микроорганизмы, живущие колониями на поверхности пластиковой загрузки биологического фильтра, окисляют органические азотосодержащие выделения рыбы и остатки корма, преобразуя их в простые неорганические соединения – вода, углекислый газ (CO₂) и аммиак посредством нитрификации, денитрификации и минерализации.

В процессе работы установок на компоненты фильтрации оказывается большая нагрузка загрязняющими веществами, что может привести к выходу из строя одного из элементов фильтрации, нарушив тем самым баланс системы и саморегулирование pH, что приводит к необходимости плановой проверки и ручной чистки элементов фильтрации или перезапуску всей системы.

Для получения данных об изменении рН в производственных условиях авторами разработано цифровое устройство для сбора и обработки данных о кислотности воды при разведении осетровых пород рыб в установках замкнутого водоснабжения, принципиальные схемы которого приведены на рисунках 2 и 3.

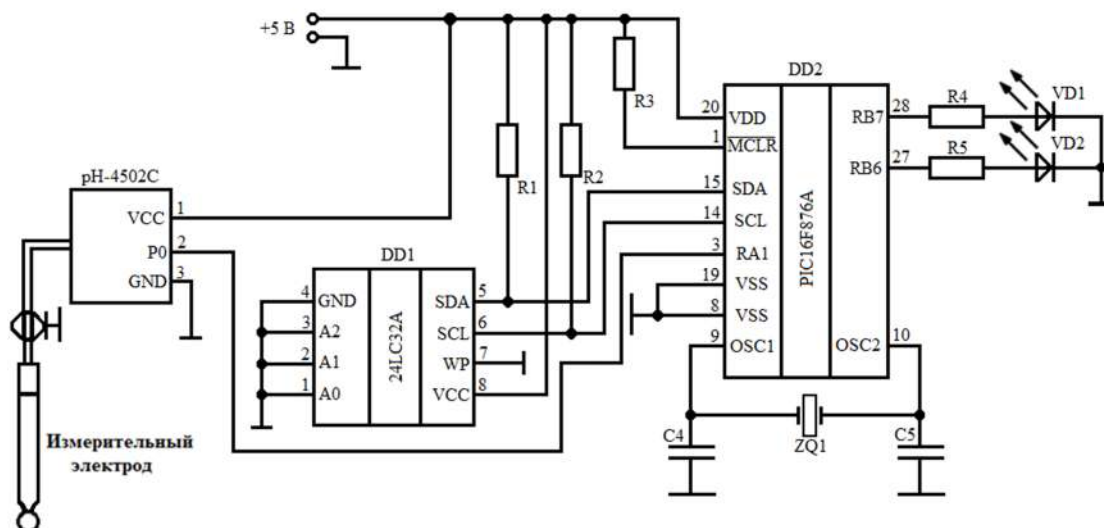


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока сбора данных рН

Figure 2 – Schematic diagram of a pH data acquisition device

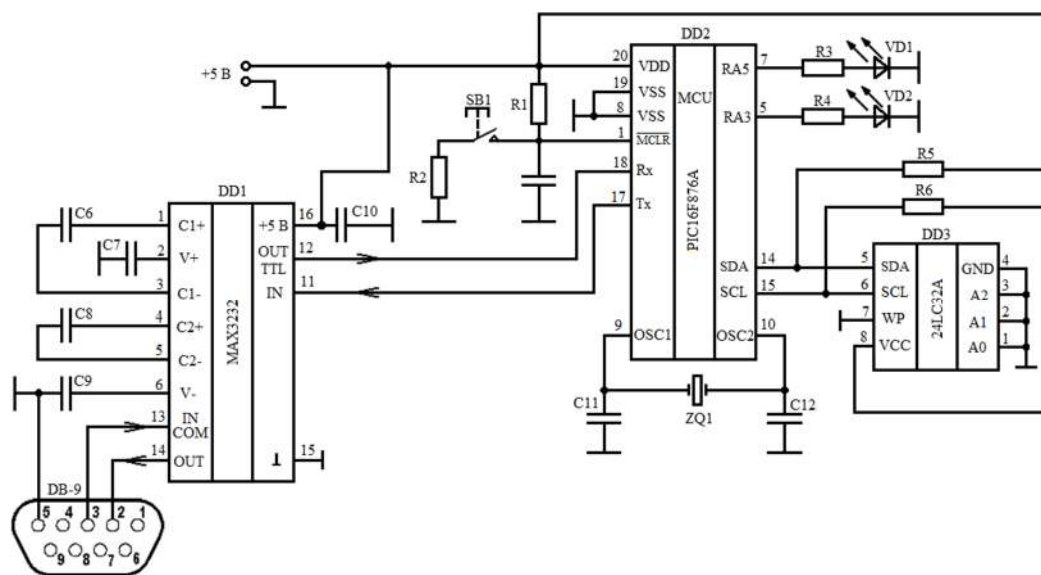


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока извлечения данных из памяти микроконтроллера

Figure 3 – Schematic diagram of a device of retrieving data from the memory of a microcontroller

Блок сбора данных (рисунок 2) работает от источника питания 5 В, который питает микросхемы памяти DD1, микроконтроллера DD2 и плату усилителя измерительного электрода. Данные с аналогового выхода измерительного усилителя P0 поступают в порт А микроконтроллера, где преобразуются в цифровой код с помощью аналого-цифрового преобразователя и сохраняются во внешней памяти EEPROM, рассчитанной на 16 500 измерений рН.

Блок извлечения данных из памяти микроконтроллера (рисунок 3) работает от источника питания 5 В и содержит микроконтроллер DD2, интегральную микросхему DD1, преобразующую сигналы последовательного порта RS-232 компьютера в сигналы, уровень которых необходим микроконтроллеру, а также микросхему памяти EEPROM с анализируемыми данными. Связь микросхемы памяти с микроконтроллером организована по протоколу ИС. При нажатии на кнопку SB 1 микроконтроллер передает данные из памяти EEPROM в компьютер с помощью последовательного интерфейса.

Результаты и обсуждение. В результате проведения исследований уровня кислотности воды в бассейне с осетрами получены зависимости изменения в них pH во времени. Измерения производились каждые 90 секунд непрерывно в течение суток. График изменения pH при штатном режиме работы установки в бассейне с осетровыми показан на рисунке 4.



Рисунок 4 – График изменения pH в бассейне при штатном режиме работы

Figure 4 – The graph of pH changes in basins during normal operation

На рисунке 5 показаны два провала значений pH, которые были следствием аварийного выхода из строя механического фильтра УЗВ, вследствие чего кислотность воды pH опустилась с 6,96 ед. до опасного для рыбы значения 6,66 ед.

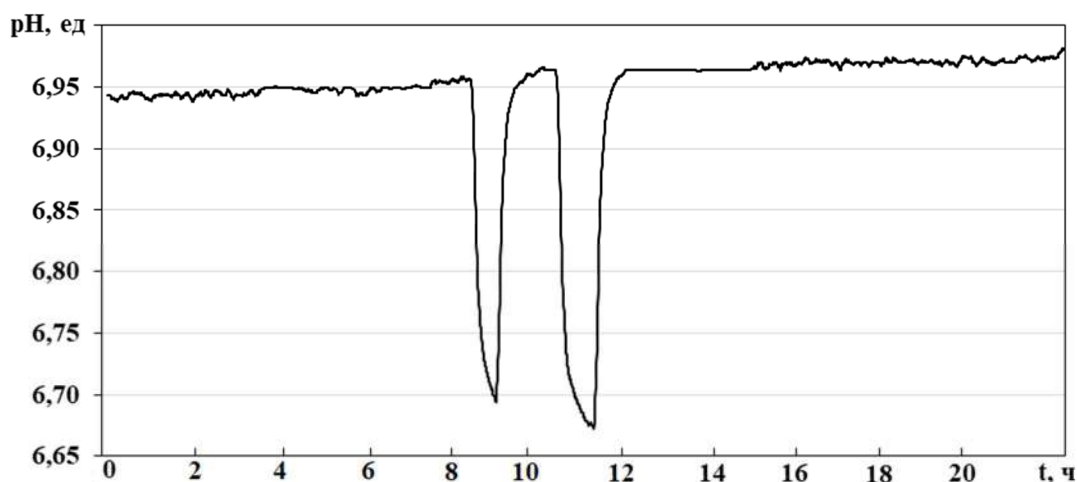


Рисунок 5 – Результаты измерения pH воды в бассейне

Figure 5 – Results of measuring the pH of water in a pool

Засорение сетки барабана фильтра привело к тому, что вода перестала фильтроваться и возвращалась в бассейн в загрязненном состоянии. По графику можно увидеть, что аварийная ситуация длилась более часа, прежде чем работа установки была возобновлена.

Повторная авария продолжалась более полутора часов. Несвоевременное реагирование персонала является следствием того, что процесс измерения pH не автоматизирован и отсутствует какая-либо сигнализация на случай аварийных ситуаций, а время устранения аварийной ситуации напрямую зависит от человеческого фактора.

По данным, полученным в ходе измерений (рисунок 6), можно установить скорость падения pH, что дает возможность предъявить технические требования к системе регулирования, которая позволит смягчить колебания уровня кислотности. Это благоприятно отразится на разводимых гидробионтах, а также предохранит компоненты системы от выхода из строя.

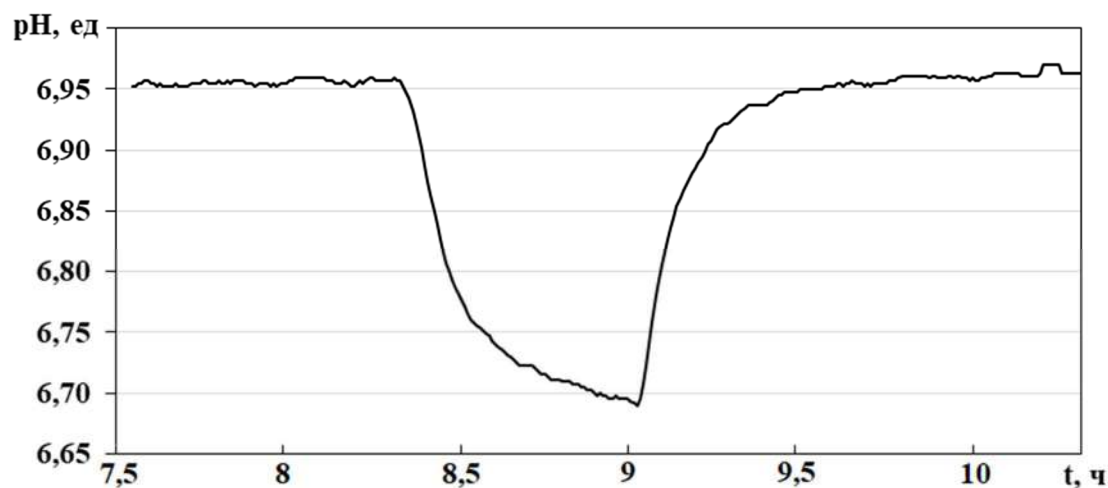


Рисунок 6 – График изменения pH во время аварийной ситуации

Figure 6 – PH change graph during an emergency

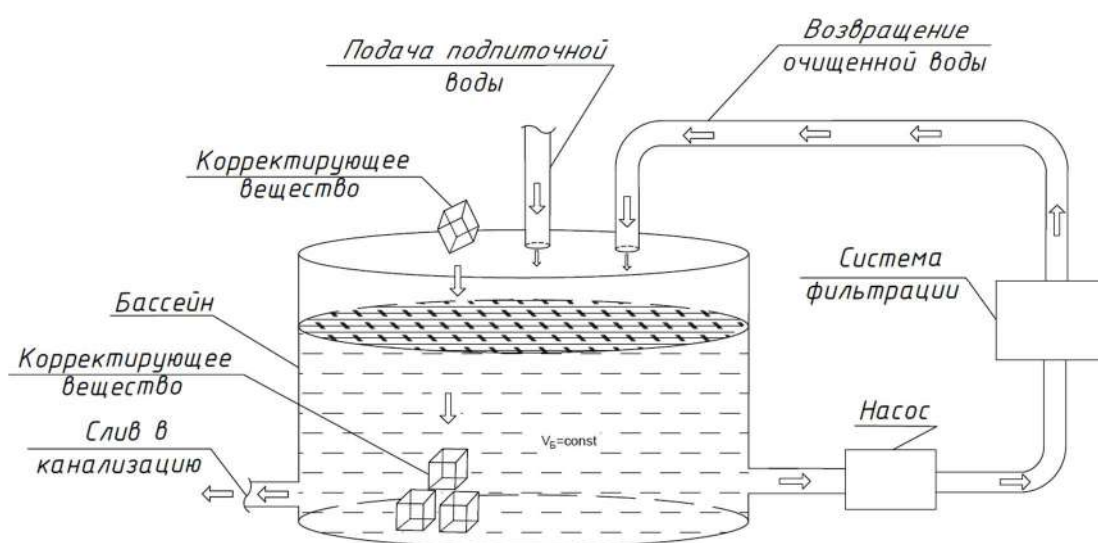


Рисунок 7 – Схема УЗВ с применением корректирующего вещества

Figure 7 – RAS scheme with the introduction of a correcting substance

Для поддержания необходимого уровня кислотности воды применяются корректирующие вещества, например, растворы HCl , H_2SO_4 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 . Так, применение раствора пищевой соды (NaHCO_3) позволяет не только повысить pH воды в щелочную сторону, но и увеличить производительность биологического фильтра.

Для оценки количества вносимого корректирующего кислотность вещества составим математическую модель изменения pH, которая предусматривает замкнутый цикл движения воды в УЗВ при отсутствии случайных протечек потерь воды в процессе фильтрации. Коэффициент сопротивления труб примем равным нулю. Потерями напора вследствие перепада давлений пренебрежем.

Как правило, внесение корректирующего вещества осуществляется в твердом состоянии, поэтому изменение pH происходит не сразу.

Пусть m – масса твердого корректирующего вещества, внесенного в бассейн с рыбой. Можно предположить, что скорость растворения корректирующего вещества будет пропорциональна массе внесенного вещества:

$$\frac{dm}{dt} = -k \cdot m, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности, на значение которого влияет множество факторов: плотность корректирующего вещества, температура воды в бассейне и даже активность рыбы.

Дифференциальное уравнение (1) относится к уравнениям с разделяющимися переменными и решается интегрированием левой и правой части:

$$\begin{aligned} \int \frac{dm}{m(t)} &= -k \int dt \\ \ln|m(t)| &= -k \cdot t + \ln C \\ m(t) &= C \cdot e^{-k \cdot t}. \end{aligned}$$

Постоянная интегрирования C находится при нулевых начальных условиях и имеет в данном случае смысл массы внесенного корректирующего вещества:

$$C = m(0) = m_0.$$

То есть, растворяясь, масса твердого вещества убывает по экспоненциальному закону:

$$m(t) = m_0 \cdot e^{-k \cdot t},$$

а это значит, что в растворе она возрастает по закону:

$$m(t) = m_0 - m_0 \cdot e^{-k \cdot t}. \quad (2)$$

После растворения корректирующего вещества уровень pH не остается стабильным, поскольку, как следует из рисунка 7, в бассейн поступает подпиточная вода, и такое же количество воды удаляется из бассейна. Работа системы фильтрации практически не оказывает воздействия на массу корректирующего вещества в бассейне.

Расход воды Q определяется скоростью переноса физически бесконечно малого объема dV за время dt и является одинаковым на входе и выходе:

$$Q = \frac{dV}{dt}$$

Строго говоря, плотность корректирующего раствора в объеме dV бассейна равна отношению массы активного вещества dm , растворенного в данном объеме, к объему dV :

$$\rho = \frac{dm}{dV}.$$

Однако если исходить из того, что перемешивание раствора происходит достаточно интенсивно, то можно ввести в расчет среднюю по объему бассейна плотность, которая в определенный момент времени t может быть найдена следующим образом:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m(t)}{V_{\text{Б}}}.$$

Тогда, с учетом введенных обозначений и того факта, что количество активного вещества в растворе уменьшается, справедливо следующее соотношение:

$$dm = -\rho \cdot dV \approx -\rho_{\text{ср}} \cdot Q \cdot dt = -\frac{m(t)}{V_{\text{Б}}} \cdot Q \cdot dt.$$

После разделения переменных получаем:

$$\int \frac{dm}{m(t)} = -\frac{Q}{V_{\text{Б}}} \int dt.$$

Решение данного уравнения имеет вид:

$$m(t) = m_0 \cdot e^{-\frac{Q}{V_{\text{Б}}} \cdot t}. \quad (3)$$

Так как процессы растворения вносимого корректирующего вещества и его удаления с подпиточной водой происходят одновременно, то решения (2) и (3) необходимо просуммировать:

$$m(t) = m_0 \cdot \left(1 - e^{-k \cdot t} + e^{-\frac{Q}{V_{\text{Б}}} \cdot t} \right). \quad (4)$$

Выражение (4) описывает характер процесса изменения массы растворимого в бассейне активного вещества от времени при одновременном удалении части воды из бассейна. График функции $m(t)$ при циклическом внесении активного вещества показан на рисунке 8.

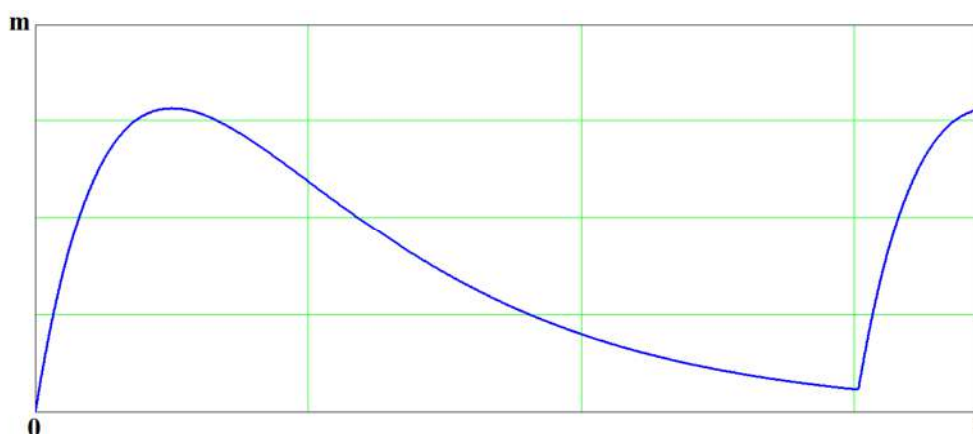


Рисунок 8 – Зависимость массы m растворимого активного вещества в бассейне в функции времени

Figure 8 – Dependence of the mass m of the dissolved active substance in the pool as a function of time

Полученная математическая модель изменения массы активного корректирующего вещества в бассейне позволит в дальнейшем предъявить требования к системе смягчения падений рН при аварийных ситуациях, а также к системе поддержания рН в необходимых пределах.

Выводы. Предложенные технические решения позволяют осуществлять сбор данных для контроля над уровнем кислотности воды в установках замкнутого водоснабжения, что способствует улучшению показателей жизнеобеспечения гидробионтов, к которым относятся рост, усвоение корма, выживаемость и ряд других параметров.

Полученные зависимости изменения уровня кислотности воды во времени позволяют определить оптимальные параметры системы контроля уровня pH в УЗВ в штатном и аварийном режимах.

Предложенная математическая модель дает возможность прогнозировать изменение содержания корректирующего вещества, вносимого в бассейн, для УЗВ с подачей подпиточной воды.

Дальнейшие исследования в рамках проводимой научно-практической работы позволят внедрить цифровые устройства и автоматизированные системы для улучшения основных показателей качества воды как средства повышения жизнеспособности гидробионтов.

Библиографический список

1. Богачев А. И. Российский сектор аквакультуры: состояние и значение для экономики // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (57). С. 227-236.
2. Буяров В. С., Юшкова Ю. А., Буяров А. В. Пути повышения эффективности товарного рыбоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 1 (60). С. 161-168.
3. Динамика функционального состояния молоди гибрида русско-ленского осетра при моделировании условий выращивания в установке замкнутого водоснабжения / Е. Н. Пономарева, Г. Ф. Металлов, В. А. Григорьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2012. № 5 (171). С. 72-76.
4. Жукова М. А., Улезько А. В. Концептуальный подход к формированию цифровой платформы агропродовольственного комплекса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 4 (67). С. 238-250.
5. Инновационная биотехнология получения экологически чистой продукции аквакультуры в модульной установке замкнутого водоснабжения / Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарева, А. В. Казарникова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. № 3(191). С. 41-48.
6. Инновационные решения в условиях импортозамещения / С. И. Кононенко, Н. А. Юрина, Е. А. Максим, А. З. Утижев // Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 3(35). С. 93-99.
7. Микроконтроллерное оборудование в сельскохозяйственном производстве / Н. С. Панферов, Е. В. Пестряков, С. В. Митрофанов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 211-216.
8. Мурашова Н. В. Формирование механизма цифровой трансформации сельского хозяйства // Вестник НГИЭИ. 2021. № 9 (124). С. 129-138.
9. Пронина Г. И. Возможность повышения иммунной устойчивости гидробионтов в аквакультуре // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (47). С. 180-182.
10. Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина / Д. А. Ранделин [и др.] // Известия НВ АУК. 2021. № 3 (63). С. 218-226.
11. Совершенствование процессов товарного выращивания тепловодных объектов аквакультуры / Е. Г. Васильева, И. В. Мельник, В. И. Кантемиров, В. Н. Крючков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 258-264.
12. Чуба А. Ю. Современные решения в области цифровизации и автоматизации сельского хозяйства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 163-165.

Информация об авторах

Евдокимов Алексей Петрович, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, тел. 8 (961) 073-77-48, e-mail: apevdokimov@yandex.ru

Евдокимов Роман Александрович, доцент кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат физико-математических наук, тел. 8 (903) 372-34-28, e-mail: vstul@rambler.ru

Черняев Артем Андреевич, аспирант кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (902) 652-60-82, e-mail: www_artemka_ru@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-59

DETERMINATION OF THE OPERATING AND HYDROTECHNICAL CHARACTERISTICS OF RECLAIM SYSTEMS WHEN USING THE DON-K IRRIGATION MACHINE

O. V. Kozinskaya, V. S. Bocharnikov, A. L. Kalyanov, R. Z. Kiseleva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 15.03.2022

Submitted 25.05.2022

Summary

The article presents the operational characteristics of a wide-coverage circular sprinkler and their effect on the quality of irrigation.

Abstract

Introduction. With the revival of land reclamation in Russia, it became necessary to create new domestic irrigation equipment capable of meeting the technical, operational and environmental characteristics and competing with foreign ones. With the development of irrigation, the main task is the creation of modern high-tech equipment and the use of innovative technologies that provide the best conditions for achieving maximum results in the cultivation of agricultural products. **Object.** The object of the study is the wide coverage sprinkling machine «Don-K». **Materials and methods.** The research was carried out at the Educational-Scientific-Production Center «Gornaya Polyana» of the Volgograd State Agrarian University. The operational and technological assessment of the sprinkler was carried out according to GOST 24055-88, GOST 24057-88, SP 11-104-97. **Results and conclusions.** Widely used wide-sprinkler sprinklers are distinguished by good rain quality, a large degree of dispersal of the irrigation flow, the ability to select and adjust operating parameters in accordance with agro-technical requirements. The sprinkler under study is programmed with 8 different speeds. The actual irrigation rates were experimentally determined at different rates, their range was from 80 to 350 m³/ha, with a pressure deviation of 15% from normal - from 70 to 308 m³/ha, and with a deviation of 25 5% - from 66 to 290 m³/ha, that is, the irrigation rate decreased on average by 12 and 17% of the standard. The overrun and backlog of support bogies depends on local conditions (relief, encountered resistance on the path of movement, wheel slip). The material of the water-carrying pipeline made of composite material allows the use of this sprinkling machine on various terrains. The calculation to determine the external and internal loads showed high strength.

Key words: *sprinkling irrigation, sprinkling machines, rain layer, rut depth, overrun, backlog of support carts.*

Citation. Kozinskaya O.V., Bocharnikov V.S., Kalyanov A.L., Kiseleva R.Z. Determination of the operating and hydrotechnical characteristics of reclaim systems when using the DON-K irrigation machine. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 490-498 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-59.

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

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

УДК 631.347:631.674.6

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ДОН-К»****О. В. Козинская**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**В. С. Бочарников**, доктор технических наук, профессор**А. Л. Кальянов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Р. З. Киселева**, кандидат технических наук, доцент*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 15.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. С возрождением мелиорации в России возникла необходимость в создании новой отечественной поливной техники, способной соответствовать по технико-эксплуатационным и экологическим характеристикам и конкурировать зарубежной. При развитии орошения главной задачей является создание современной высокотехнологической техники и применение инновационных технологий, обеспечивающих наилучшие условия для достижения максимальных результатов при выращивании сельскохозяйственной продукции. **Объект.** Объектом исследования является ШДМ «Дон-К». **Материалы и методы.** Исследования проводились в учебно-производственном центре Волгоградского государственного аграрного университета. Эксплуатационно-технологическую оценку дождевальной машины проводили по ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24057-88, СП 11-104-97. **Результаты и выводы.** Широко применяемы широкозахватные дождевальные машины отличаются хорошим качеством дождя, большой степенью рассредоточения поливного потока, возможностью подбора и регулирования рабочих параметров в соответствии с агротехническими требованиями. Исследуемая дождевальная машина запрограммирована на 8 различных скоростей. Опытным путем определены фактические поливные нормы при разных скоростях, их диапазон составил от 80 до 350 м³/га, при отклонении давления от нормального на 15 % – от 70 до 308 м³/га, а при отклонении на 25,5 % – от 66 до 290 м³/га, то есть поливная норма снизилась в среднем на 12 и 17 % от нормативной. Забегание и отставание опорных тележек зависит от местных условий (рельеф, встречающиеся сопротивления на пути движения, пробуксовка колес). Материал водопроводящего трубопровода из композиционного материала позволяет использовать данную ДМ на различных рельефах местности. Расчет по определению внешних и внутренних нагрузок показал высокую прочность.

Ключевые слова: *полив дождеванием, дождевальные машины, слой дождя, глубина колеи, забегание, отставание опорных тележек.*

Цитирование. Козинская О. В., Бочарников В. С., Кальянов А. Л., Киселева Р. З. Определение эксплуатационно-гидротехнических характеристик мелиоративных систем при использовании дождевальной машины «ДОН-К». *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 490-498. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-59.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. С возрождением мелиорации в России возникла необходимость в создании новой отечественной поливной техники, способной соответствовать по технико-эксплуатационным и экологическим характеристикам и конкурировать зарубежной.

При развитии орошения главной задачей является создание современной высокотехнологической техники и применение инновационных технологий, обеспечивающих наилучшие условия для достижения максимальных результатов при выращивании сельскохозяйственной продукции.

Исследуемая нами широкозахватная дождевальная машина (ШДМ) «Дон-К» установлена на полях учебного центра Волгоградского ГАУ в 2018 году. Это новая дождевальная техника кругового действия Российского производства. Движение машины производится от электродвигателей, установленных на каждом колесе с пультом управления на центральной опоре. Электродвигатели работают автоматически в непрерывном режиме, что позволяет снизить расход электроэнергии до 40-50 %. Потребляемая мощность для одной тележки 0,25 кВт против 0,8-1,5 кВт у зарубежных аналогов. Одним из достоинств данной машины является применение труб из композиционного материала, что позволяет снизить вес конструкции на 20-30 %, снизить потери по длине и убрать коррозионную опасность. ШДМ «Дон-К» может работать с холостым и реверсивным ходом, подавая оросительную воду, как в чистом виде, так и в смеси с удобрениями и средствами защиты растений. Вантовая конструкция ШДМ «Дон-К», повторяя рельеф, позволяет работать даже на местности с большими уклонами, включая горные системы. Колеса на резиновом ходу с установленными на них электродвигателями (при ширине колеи 0,25 м) обеспечивают высокую проходимость ШДМ. Радиус полива ШДМ вместе с концевым аппаратом 105 м. Давление на входе - 0,3..0,4 Мпа. Расход - 25...90 л/сек. Поливная норма 80...350 м³/га. Диаметр капель - 0,1...2,5 мм. В состав входит 3 секции длиной по 30 м. Количество дождевых аппаратов 36 штук (включая 1 концевой). ШДМ «Дон-К». Процесс дождевания характеризуют следующие показатели: интенсивность дождевания; слой дождя за один оборот аппарата или проход машины; равномерность интенсивности дождя; равномерность распределения слоя осадков.

Материалы и методы. Эксплуатационно-технологическую оценку дождевальной машины проводили по ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24057-88, СП 11-104-97.

Слой осадков определялся при помощи дождемерных стаканчиков, установленных радиально, по всей длине поливного трубопровода. Количество выпавшего дождя замеряли цилиндром с точностью до 1 мл.

Глубину колеи определяли после третьего и пятого полива с помощью мерной ленты и линейки с точностью ± 1 мм.

Отставание и забегание опорных тележек определяли при помощи электронного тахеометра Nikon NLP 332 и вехи раскладной от 1,5 до 2,5 метров, снабженной отражательной маркой, контроль вертикальности вехи осуществлялся по пузырьковому уровню. Для измерений были созданы три точки съемочной геодезической сети. Система координат и высот - локальные. Согласно СП 11-104-97 точки закреплены временными знаками, представляющими собой металлические штыри диаметром 30 мм и длиной 400 мм, забитые в землю на глубину 350 мм, выступающая часть окрашена. Точки располагались вне зоны пашни, образуя описанный вокруг поливаемой площади треугольник, такое расположение позволяло проводить с них измерения для любой точки поля, не выходя за максимальную дальность измерения с отражающей маркой в 300 метров.

Результаты и обсуждение. Широко применяемые широкозахватные дождевальные машины отличаются хорошим качеством дождя, большой степенью рассредоточения поливного потока, возможностью подбора и регулирования рабочих параметров в соответствии с агротехническими требованиями. Исследуемая дождевальная машина запрограммирована на 8 различных скоростей (таблица 1).

Нами определена продолжительность полного оборота исследуемой ДМ и поливная норма при нормальном давлении, при отклонении давления на 15%, на 25 % от нормы.

Опытным путем определены фактические поливные нормы при разных скоростях, их диапазон составил от 80 до 350 м³/га, при отклонении давления от нормального на 15 % – от 70 до 308 м³/га, а при отклонении на 25 % – от 66 до 290 м³/га, то есть поливная норма снизилась в среднем на 12 и 17 % от нормативной (рисунок 1).

Таблица 1 - Время работы ШДМ «Дон К» при разных скоростях

Table 1 – Operating time of the SDM "Don K" at different speeds

Скорости /Speeds	Время, м/мин/Time, m/min	Продолжительность одного оборота, ч / Duration of one revolution, h
1	4,08	32,03
2	2,52	19,78
3	2,15	14,88
4	1,59	12,48
5	1,4	10,99
6	1,23	9,66
7	1,15	9,03
8	1,07	8,4

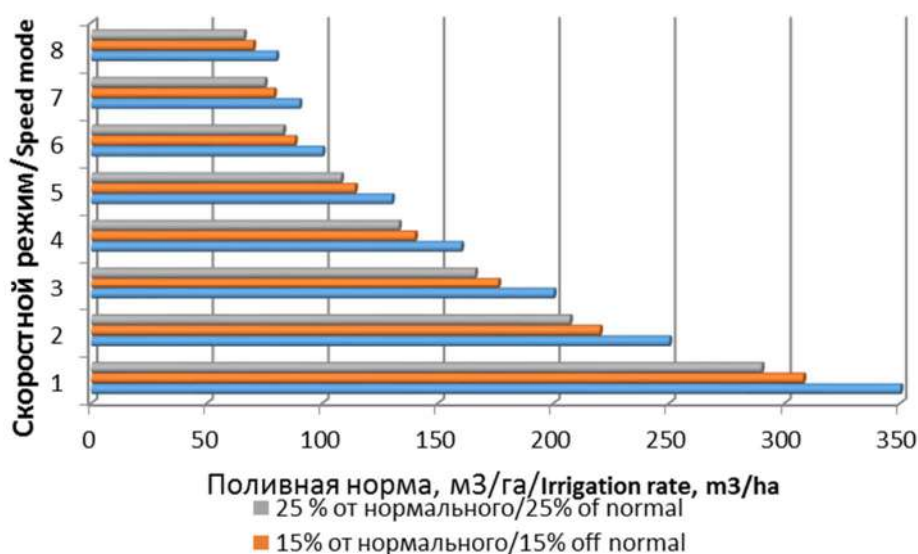


Рисунок 1 – Фактические поливные нормы при разных скоростях

Figure 1 – Actual irrigation rates at different speeds

Тахеометр устанавливался на одной из станций, находящейся вне зоны дождя, измерялась базовая линия: центральная опора-последняя тележка, далее от последней тележки поочередно проводились измерения для остальных. Марка располагалась перед трубой в центре тележки, Высота трубы определялась методом недоступной высоты и заносилась в журнал. Следует отметить, что интервалы измерения при работе во время полива превышали указанные в технической характеристике тахеометра в режиме «с отражателем»: 0.5сек (инициализация: 2.2 сек.) и достигали 30 и более секунд, что очевидно вызвано высокой плотностью дождевых капель.

После выполнения измерений данные импортировались из тахеометра на персональный компьютер, и проводилась их камеральная обработка в программном продукте Кредо ДАТ. В таблице 2 приведена ведомость координат полученных при измерении величин смещения тележек с учетом 15 см радиуса трубы для различных скоростей. На рисунке 2 показана схема измерений.

Там же определялись величины забегания-отставания тележек от базовой линии и вертикальное провисание трубы.

Забегание и отставание опорных тележек зависит от местных условий (рельеф, встречающиеся сопротивления на пути движения, пробуксовка колес).

Таблица 2 – Ведомость координат полученных при измерении величин смещения тележек

Table 2 – List of coordinates obtained when measuring the values of displacement of trolleys

Имя пункта / Item name	X	Y	Смещение тележки, см / Bogie displacement, cm
2	3	4	
1	130,000	150,000	
2	296,131	80,412	
3	314,639	305,560	
опора/ support	234,370	200,620	
створ а/ target a	315,314	161,285	
201a	261,223	187,256	-29
202a	288,482	174,712	34
202a	288,482	174,712	34
створ б/ target б	263,825	115,585	
201б	244,554	172,407	39
202б	253,589	143,789	-44
створ в/ target в	189,031	122,880	
201в	220,166	173,369	-41
202в	203,891	148,942	-29

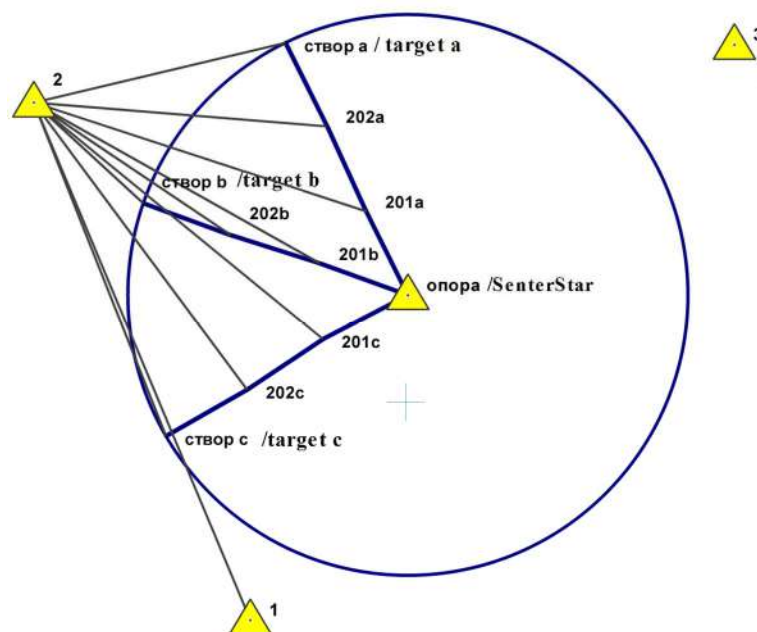


Рисунок 2 – Схема измерений / Figure 2 – Measurement diagram

Оболочка трубопровода и его опоры испытывают действие внешних сил, различных как по направлению продолжительности действия, так и по характеру приложения: осевых, действующих в направлении продольной оси трубопровода, нормальных, действующих перпендикулярно оси трубопровода, и радиальных (от внутреннего давления воды на стенки трубы), действующих перпендикулярно оболочки. Большинство конструктивных элементов устройств оросительной регулирующей сети, изготовленных из самых разнообразных материалов, имеющих различную природу, могут быть рассчитаны посредством метода конечных элементов (МКЭ) с использованием разработанного конечного элемента в виде кольцевого тела с четырехугольным поперечным сечением с узлами i, j, k, l .

В качестве узловых неизвестных приняты перемещения и их производные по координатам x и s .

Аппроксимация перемещений внутренней точки конечного элемента представлена в матричном виде

$$\{w\}_{2 \times 1} = [A]_{2 \times 24} \{w_y^n\}_{24 \times 1} \quad (1)$$

где

$$\{w_y^n\}^T = \{w^{1i}, \dots, w^{1l}, w^{1i}, \dots, w^{1l}, w^{1i}, \dots, w^{1l}, w^{2i}, \dots, w^{2l}, w^{2i}, \dots, w^{2l}, w^{2i}, \dots, w^{2l}\}.$$

Вектор узловых неизвестных в глобальной системе координат определяется матричным выражением:

$$\{W_y^n\}_{24 \times 1} = [N]_{24 \times 24} \{W_y^e\}_{24 \times 1} \quad (2)$$

где матрица $[N]$ сформирована на основе соотношений дифференцирования

$$\frac{\partial g}{\partial \xi} = \frac{\partial g}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \xi} + \frac{\partial g}{\partial s} \frac{\partial s}{\partial \xi}, \quad (3)$$

здесь под g понимается компонент w^1 или w .

С использованием (2) деформации определяются в матричном виде

$$\{\varepsilon\}_{4 \times 1} = [L]_{4 \times 2} [A]_{2 \times 24} \{W_y^n\}_{24 \times 1} = [B]_{4 \times 24} \{W_y^e\}_{24 \times 1} \quad (4)$$

Функционал Лагранжа использован в формировании матрицы жесткости конечного элемента

$$\Pi_L = \frac{1}{2} \int_V \{\sigma\}_{1 \times 4} \{\varepsilon\}_{4 \times 1} dV - \frac{1}{2} \int_S \{w\}_{1 \times 2} \{q\}_{2 \times 1} dS, \quad (5)$$

где V – объем элемента; S – поверхность приложения внешних нагрузок; $\{q\}^T = \{q_1, q_2\}$ – строка внешних нагрузок.

При учете (2), (1) и (4) функционал (5) запишется выражением:

$$\begin{aligned} \Pi_L = & \frac{1}{2} \{w_y^e\}_{1 \times 24}^T [N]_{24 \times 24}^T \int_V [B]_{24 \times 4}^T [C]_{4 \times 4} [B]_{24 \times 4} dV [N]_{24 \times 24} \{w_y^e\}_{24 \times 1} - \\ & - \frac{1}{2} \{w_y^e\}_{1 \times 24}^T [N]_{24 \times 24}^T \int_S [A]_{24 \times 2}^T \{q\}_{2 \times 1} dS. \end{aligned} \quad (6)$$

После выполнения минимизации функционала (6) получается:

$$[K]_{24 \times 24} \{W_y^e\}_{24 \times 1} = \{f\}_{24 \times 1}, \quad (7)$$

где

$$[K] = [N]_{24 \times 24}^T \int_V [B]_{24 \times 4}^T [C]_{4 \times 4} [B]_{4 \times 24} dV [N]_{24 \times 24}.$$

$$\{f\} = [N]_{24 \times 24}^T \int_s [A]_{24 \times 2}^T \{q\}_{2 \times 1} dS.$$

Рассчитан фрагмент трубопровода (рисунок 3), который был нагружен равномерно-распределенной нагрузкой интенсивностью $q=10\text{ кН/м}$, внутренний радиус $R=150\text{ мм}$, модуль упругости при растяжении в осевом направлении $E=1,3 \cdot 10^4\text{ МПа}$, предел прочности при растяжении в осевом направлении $[\sigma]=82\text{ МПа}$.

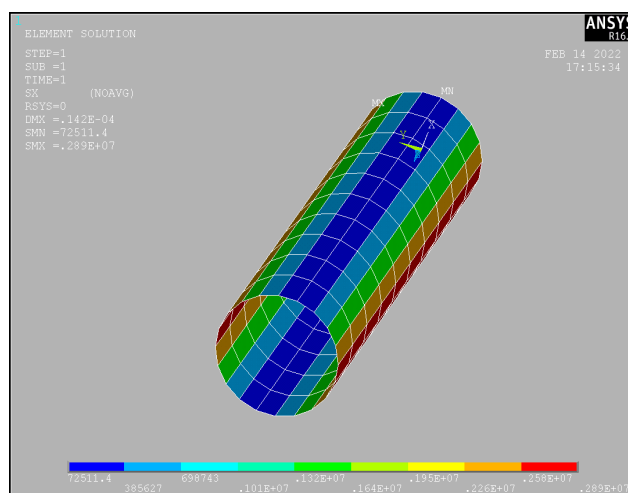


Рисунок 3 – Элемент трубопровода / Figure 3 – Pipeline element

В результате расчета в программном комплексе ANSYS было получено максимальное напряжение равное $\sigma = 50,6\text{ МПа}$, что меньше допустимого напряжения.

Глубину колеи дождевальной машины определяли по результатам измерений после третьего и пятого поливов с режимами скоростей от 4 до 1 ого, в связи с возрастающими поливными нормами, так как после первых двух поливов и режимах скоростей от 8 до 5-ого образующаяся колея не влияла на работу дождевальной машины (таблица 3).

Таблица 3 – Глубина колеи ДМ «Дон – К» / Table 3 – Depth of track DM «Don –K»

№ опы- та/№experie nce	Скоростной режим / Speed mode	Параметры колеи/ Track parameters		
		h, м	σ	Cv
после третьего полива / after the third watering				
1	4	0,05	11,33	29,48
	3	0,06	7,37	18,7
	2	0,08	11	28,6
	1	0,16	12,65	32,3
после пятого полива/ posle pyatogo poliva				
2	4	0,11	10,56	27,8
	3	0,12	11,99	31,13
	2	0,15	12,98	36,19
	1	0,19	13,64	35,86

Исследование технических показателей работы ДМ Дон - К показало снижение эффективности ее работы, так при увеличении поливной нормы наблюдалось буксование колес, что приводит к изгибу поливного трубопровода и остановке машины, так же необходимо конструктивное решение размещению электропривода передвижения выше конструктивного на 0,7 м.

Выводы. В России развитие оросительных мелиораций неизбежно приведет к созданию новой техники полива позволяющей конкурировать с зарубежными аналогами. Исследуемая новая дождевальная машина показала хорошие технико-эксплуатационные характеристики. Она имеет широкий диапазон скоростей с возможностью выдачи различных поливных норм от 80 до 350 м³/га, при отклонении давления от нормального на 15 % - от 70 до 308 м³/га, а при отклонении на 25 5% - от 66 до 290 м³/га, то есть поливная норма снизилась в среднем на 12 и 17 % от нормативной. Материал водопроводящего трубопровода из композиционного материала позволяет использовать ее ДМ на различных рельефах местности. Численный анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода дождевальной машины позволил сделать вывод о достаточной прочности при заданном уровне внешних нагрузок.

Библиографический список

1. Влияние гидравлических параметров на качество полива / Н. В. Кузнецова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 73-83.
2. Зверьков М. С. Численные исследования влияния эффективного давления искусственного дождя на разбрызгивание почвы // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1 (33). С. 168-183.
3. Исследования гидравлических характеристик дождевальной машины кругового действия / В. С. Бочарников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 319-327.
4. Овчинников А. С., Бочарников В. С. Новые технические решения повышения эффективности ресурсосберегающих способов полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 119-124.
5. Ольгаренко Д. Г. Система показателей для оценки качества полива сельскохозяйственных культур дождеванием // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 2. С. 23-27.
6. Снипич Ю. Ф., Челахов В. Ц., Козинская О. В. Исследование качества полива новой дождевальной машиной кругового действия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 43-54.
7. Щедрин В. Н., Балакай Г. Т., Васильев С. М. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 4 (24). С. 1-21.
8. Al Al-Baaj A. A., Lewis A. Variable pulsed irrigation algorithm (VPIA) to reduce runoff losses under a low-pressure lateral move irrigation machine. 2019. No 5 (1). P. 10.
9. Determination and application verification for driving resistance of lateral move sprinkling machine / D. Li [et al.] // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2019. V. 35 (17). P. 19-27.
10. Ecological-energy directions for improving multiple sprinkling machines / A. I. Ryzantsev, G. V. Olgarenko, I. A. Uspensky, A. O. Antipov, G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko, V. A. Makarov, B. A. Nefedorov, E. P. Borovoi, A. D. Akhmedov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. V. 14. № 3. P. 677-685.
11. Key components design and experiment of roll wheel line move sprinkling irrigation machine, Paiguan Jixie Gongcheng Xuebao / Y. Wang [et al.] // Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering. 2015. No 33(10). P. 915-920.
12. Melikhova E. V., Rogachev A. F., Skiter N. N. Information system and datadase for simulation of irrigated crop growing // Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. P. 1185-1191.

13. Rovelio C. O. R. Characterization and simulation of a low-pressure rotator spray plate sprinkler used in center pivot irrigation systems. 2019. No 11 (8). 1684.

14. Run Y. The Irrigation Uniformity Analysis Based on Translation Variable-Rate Sprinkler // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. No 576 (1). 012028.

Информация об авторах

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26, тел. 8 (8442) 41-81-53), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент e-mail: kozinska1977@mail.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26, тел. 8 (8442) 41-81-53), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (7112) 50-18-50, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Кальянов Александр Любомирович, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26, тел. 8 (8442) 41-81-53), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент e-mail: akksxn@mail.ru

Киселева Руммия Зайдулаевна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26, тел. 8 (8442) 41-81-53), кандидат технических наук, доцент e-mail: vhs@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-60

COMPONENTS OF THE ECOLOGICAL MODEL OF THE RE-DEVELOPED RECLAIMED LANDS OF THE SOUTH OF RUSSIA

M. N. Lytov

Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov», Volgograd

Received 13.03.2022

Submitted 29.04.2022

Summary

A systematic approach to assessing the ecological situation on long-term unused agricultural lands is proposed. The components of the ecological model of previously reclaimed agricultural lands taken out of circulation, which together characterize any ecological situation, are considered, with elements of typing for the subsequent selection of standard development technologies.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is determined by the variety of factors, processes that spontaneously develop on agricultural lands withdrawn from circulation and for a long time not used, which are of decisive importance when choosing a strategy for the re-development of such lands. The purpose of this study is to develop the concept of an ecological model for a long time not used and intended for re-development, previously reclaimed agricultural land. **Object.** The object of research is the unused, previously reclaimed agricultural lands, environmental factors and processes that characterize the current state of such lands and determine the requirements for re-development technologies. **Materials and methods.** The working hypothesis of the research is the assumption of the possibility of applying a cluster approach to the development of technological processes with subsequent automated design of technologies for the resumption of the use of decommissioned, previously reclaimed agricultural lands, based on typified ecological models. The ecological model is considered as a "key" to the creation of such technologies. It is assumed that the developed ecological models should have the same segmental structure as the typified elements of technology aimed at solving various problems of developing agricultural land that has not been used for a long time. **Results and conclusions.** The concept of an ecological model of previously reclaimed agricultural lands withdrawn from circulation has been developed, which makes it possible to synthesize any ecological situation with typification elements for the subsequent selection of standard development technologies. The structure of the model includes five segments, which were formalized in relation to the main problematic aspects of the

development of abandoned and unused agricultural lands for a long time. These are the ecological and reclamation, ecological and degradation, ecological and phytosanitary, ecological and technogenic and engineering and structural segments of the model, which together make it possible to characterize the ecological situation and assess the possibility of developing an unused area. The studied segments of the ecological model of unused agricultural, former reclaimed lands, in themselves are multifactorial complexes that combine many different processes. The combination of factors within each of the segments determines various environmental situations that are of decisive importance when choosing a strategy and technologies for agricultural production in the re-development of such territories. Detailing the factors and processes within each segment of the ecological model makes it possible to form a sufficient system of indicators for a comprehensive analysis of the ecological state of the site proposed for development. At the same time, these indicators are already a priori grouped into separate problem complexes, which allow us to formulate high-quality judgments and quickly assess the most significant tasks that will need to be addressed when economic activity is resumed.

Key words: reclaimed lands, unused lands, re-development, ecological situation, ecological model, model components.

Citation. Lytov M.N. Components of the ecological model of the re-developed reclaimed lands of the South of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 498-506 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-60.

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 631.67:581.55

КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОВТОРНО ОСВАИВАЕМЫХ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮГА РОССИИ

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.03.2022

Дата принятия к печати 29.04.2022

Актуальность. Актуальность исследования определяется многообразием факторов, процессов, спонтанно развивающихся на выведенных из оборота и длительное время не используемых сельскохозяйственных землях, которые имеют определяющее значение при выборе стратегии повторного освоения. Целью настоящего исследования является разработка концепта экологической модели длительного времени не используемых и предполагаемых к повторному освоению ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. **Объект.** Объектом исследования являются длительное время не используемые, ранее мелиорированные сельскохозяйственные земли, экологические факторы и процессы, характеризующие актуальное состояние таких земель и определяющие требования к технологиям повторного освоения. **Материалы и методы.** Рабочая гипотеза исследования состоит в предположении о возможности применения кластерного подхода к разработке технологических процессов с последующим автоматизированным конструированием технологий возобновления использования выведенных из оборота, ранее мелиорированных сельскохозяйственных земель, на основе типизированных экологических моделей. Экологическая модель при этом рассматривается в качестве ключа, к созданию таких технологий. Предполагается, что разрабатываемые экологические модели должны иметь такую же сегментарную структуру, как и типизированные элементы технологии, направленные на решение тех или иных проблем освоения длительного времени не используемых сельскохозяйственных земель. **Результаты и выводы.** Разработан концепт экологической модели выведенных из оборота ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения, позволяющий синтезировать любую экологическую ситуацию с элементами типизации для последующего выбора типовых технологий освоения. Структура модели включает пять сегмен-

тов, которые были формализованы относительно основных проблемных моментов освоения брошенных и длительное время не используемых сельскохозяйственных земель. Это эколого-мелиоративный, эколого-деградационный, эколого-фитосанитарный, эколого-техногенный и инженерно-структурный сегменты модели, которые в совокупности позволяют охарактеризовать экологическую ситуацию и оценить возможность освоения неиспользуемого участка. Используемые сегменты экологической модели не используемых сельскохозяйственных, бывших мелиорированных земель сами по себе являются многофакторными комплексами, объединяющими множество различных процессов. Совокупность факторов внутри каждого из сегментов определяет различные экологические ситуации, которые имеют решающее значение при выборе стратегии и технологий сельскохозяйственного производства при повторном хозяйственном освоении таких территорий. Детализация факторов и процессов внутри каждого сегмента экологической модели позволяет сформировать достаточную систему показателей для всестороннего анализа экологического состояния предполагаемого к освоению участка. В то же время эти показатели уже априори сгруппированы в обособленные проблемные комплексы, которые позволяют формулировать качественные суждения и оперативно оценить наиболее значимые задачи, которые необходимо будет решать при возобновлении хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: мелиорированные земли, неиспользуемые земли, повторное освоение земель, экологическая ситуация, экологические модели.

Цитирование. Лытов М. Н. Компоненты экологической модели повторно осваиваемых мелиорированных земель Юга России. *Известия НВ АУК*. 2022. 2(66). 498-506. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-60.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Проблема выбывших из оборота сельскохозяйственных земель хорошо известна во всем мире и, к сожалению, получила значительное распространение в России [1, 2, 7, 10, 13]. Общие оценки не используемых в настоящем сельскохозяйственных земель в России достигают 46 млн га. В значительной мере затронуты и наиболее ценные – мелиорированные сельскохозяйственные земли [6].

Выведенные из оборота сельскохозяйственные земли остаются по сути брошенными землями, развитие экологической ситуации на которых никто не контролирует [8, 11]. Активно развивается сорно-полевая и бурьянная растительность, сохраняется опасность развития эрозии и опустынивания брошенных территорий. Брошенные поля создают благоприятные условия для резервирования многих сельскохозяйственных вредителей, активизируются процессы закустаривания и залесения, в ряде случаев имеет место заболачивание и другие процессы, из-за которых к технологиям возобновления использования выведенных из оборота сельскохозяйственных земель предъявляются особые требования [4, 11].

Определить каковы эти требования, сформировать соответствующие экологические модели с элементами типизации технологий освоения является важной задачей возобновления использования ранее брошенных сельскохозяйственных земель. Целью настоящего исследования является разработка концепта экологической модели длительное время не используемых и предполагаемых к повторному освоению, ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения.

Материалы и методы. Рабочая гипотеза исследований состоит в предположении о возможности применения кластерного подхода к разработке технологических процессов с последующим автоматизированным конструированием технологий возобновления использования выведенных из оборота, ранее мелиорированных сельскохозяйственных земель, на основе типизированных экологических моделей. Экологическая модель таких, не используемых в настоящем сельскохозяйственных территорий рас-

считается в качестве «ключа» к созданию технологий освоения. При этом предполагается, что компоненты экологической модели должны иметь такую же сегментарную структуру, как типизированные элементы технологии, направленные на решение тех или иных проблем освоения длительное время не используемых бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. Разрабатываемые экологические модели должны учитывать все многообразие факторов, процессов и векторов развития экологической ситуации, которое, вообще говоря, в значительной мере присуще брошенным сельскохозяйственным территориям. Должны также учитываться и специфические факторы формирования постхозяйственных экосистем, обусловленные мелиоративным обустройством территории, инженерной инфраструктурой, нарушение технологических функций которой на брошенных землях особенно значимо. Наряду с этим экологическая модель должна иметь конструкцию из таких элементов, которые можно легко типизировать, их совокупность в полной мере описывает экологическое состояние предполагаемых к освоению земель. Объектом исследований являются длительное время не используемые, бывшие мелиорированные земли сельскохозяйственного назначения. Предмет исследований – компоненты экологической модели не используемых, ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения.

Результаты и обсуждение. Структура экологической модели выведенных из оборота, ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения приведена на рисунке 1. Модель включает различные экологические сегменты, которые условно выделены для упрощения описания всей совокупности процессов и экосистемных связей, формирующихся на брошенных сельскохозяйственных землях. Структура модели включает все проблемные факторы освоения неиспользуемых земель, а собственно сегменты модели и являются проблемными комплексами, которые наиболее выражены на брошенных или выведенных из оборота сельскохозяйственных угодьях.



Рисунок 1 – Структура природно-экологической модели выведенных из оборота, ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения

Figure 1 – The structure of the natural-ecological model of withdrawn from circulation, previously reclaimed agricultural land

Рассмотрим подробнее, что представляет собой каждая составляющая предложенной природно-климатической модели.

Эколого-мелиоративный сегмент модели включает совокупность показателей и процессов, качественно и количественно характеризующих мелиоративное состояние предполагаемых к освоению земель, его прогноз и риски, связанные с возобновлением хозяйственной деятельности. В рамках эколого-мелиоративного сегмента модели оцениваются процессы природного и вторичного засоления мелиорированных земель, составляется солевой профиль предполагаемых к освоению территорий, оценивается актуальность проблемы осолонцевания почвенного покрова, систематизируются данные по динамике уровня и степени минерализации грунтовых вод (рисунок 2).

Природное засоление достаточно распространено на юге России, оно обусловлено близким залеганием естественным образом сформированных солевых горизонтов, подтягиванием солей в верхние горизонты почвы при испарении влаги, особенностями гидрологического режима территории. Вторичное засоление обусловлено изменением водного режима и гидрологии почв в результате проведения гидротехнических мелиораций [5].

По степени засоления почвы сейчас выделяют пять классов. Следует понимать, что соли в почве присутствуют всегда, но до определенного уровня не оказывают токсичного или какого-либо другого негативного действия, снижая почвенное плодородие. До достижения этого порогового уровня почвы являются незасоленными. Следующий класс включает слабозасоленные почвы. Они оказывают слабое угнетающее действие на сельскохозяйственные растения, однако выпадов практически не наблюдается. За счет снижения физиологической активности растений урожай может сокращаться до 10-20 %. Среднезасоленные почвы значительно более токсичны для сельскохозяйственных растений. Урожай может снижаться до 50 %, явным образом выражены выпадения растений по площади. Сильнозасоленные почвы характеризуются массовыми выпадениями и гибелью сельскохозяйственных растений, в результате чего может быть потеряно до 80 % урожая. И наконец, солончаки, которые проявляются наибольшей выраженностью фактора, здесь могут выживать лишь отдельные, солеустойчивые растения.

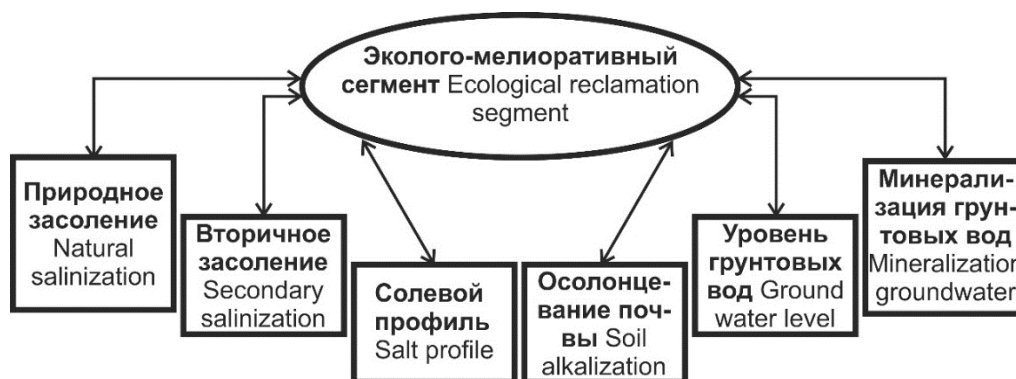


Рисунок 2 – Эколого-мелиоративный сегмент модели

Figure 2 – Ecological reclamation segment of the model

Деграляция по разным причинам брошенных и не используемых в настоящем земель является одним из наиболее выраженных векторов развития самопроизвольно формируемой экосистемы [3]. Эколого-деградационный сегмент является одной из актуальнейших составляющих разрабатываемой природно-экологической модели, который включает такие процессы, как снижение содержания и минерализация гумуса, эрозия, формирование выраженного микрорельефа, опустынивание и заболачивание (рисунок 3).

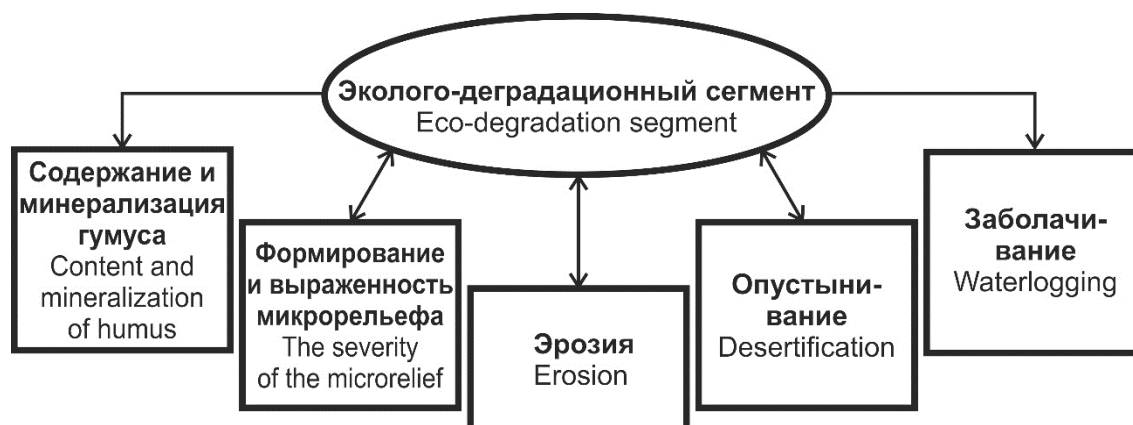


Рисунок 3 – Эколого-деградационный сегмент модели

Figure 3 – Ecological-degradation segment of the model

Минерализация и снижение содержания гумуса довольно часто сопровождают интенсивные формы ведения сельскохозяйственного производства. На брошенных землях эти процессы, как правило, приостанавливаются, но не сразу, а по мере формирования зонального залежного типа растительности. Показатель позволяет оценить потенциал плодородия почвы и риски формирования малопродуктивных зон, а также своевременно назначить компенсационные мероприятия.

Гидротехнические мелиорации предполагают тщательное выравнивание и планирование поверхности поля для равномерного распределения влаги без стока. Возобновление использования мелиоративных технологий предполагает, что поверхность остается выровненной, а микрорельеф не сформирован. На практике, к сожалению, такое встречается редко.

Проблема опустынивания сельскохозяйственных земель, к сожалению, хорошо знакома для юга России. Выделяют различные стадии опустынивания: фоновый уровень, слабая, средняя, сильная, очень сильная. Такие земли предполагают проведение специальных мероприятий по сдерживанию развития процессов, вводится ограничение на сельскохозяйственное использование по различным родам деятельности.

Еще одной проблемой ввода в оборот длительное время не используемых, ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения является распространение опасной сорной растительности, резервация вредителей и болезней сельскохозяйственных растений. Эколого-фитосанитарный сегмент природно-экологической модели не используемых сельскохозяйственных земель включает оценку сформированных типов растительности и стадию сукцессии, исследование обсемененности почвы семенами сорных растений, распространения болезней и вредителей (рисунок 4).

Тип сформированной на брошенных полях растительности является одним из важнейших факторов, которые необходимо учитывать при вводе участков в сельскохозяйственный оборот. Это, вообще говоря, многовекторный процесс со своими стадиями развития экосистемы. На первых порах здесь преобладают типичные полевые сорняки, на следующем этапе, как правило, получают распространение опасные многолетние и корневищные сорняки, параллельно возможно формирование молодой древесной и кустарниковой поросли, возможна закладка очагов карантинных растений [9]. Далее в большинстве случаев увеличивается доля многолетних злаковых, возможно формирование зональных древесно-кустарниковых сукцессий, возможно формирование карантинных зон.

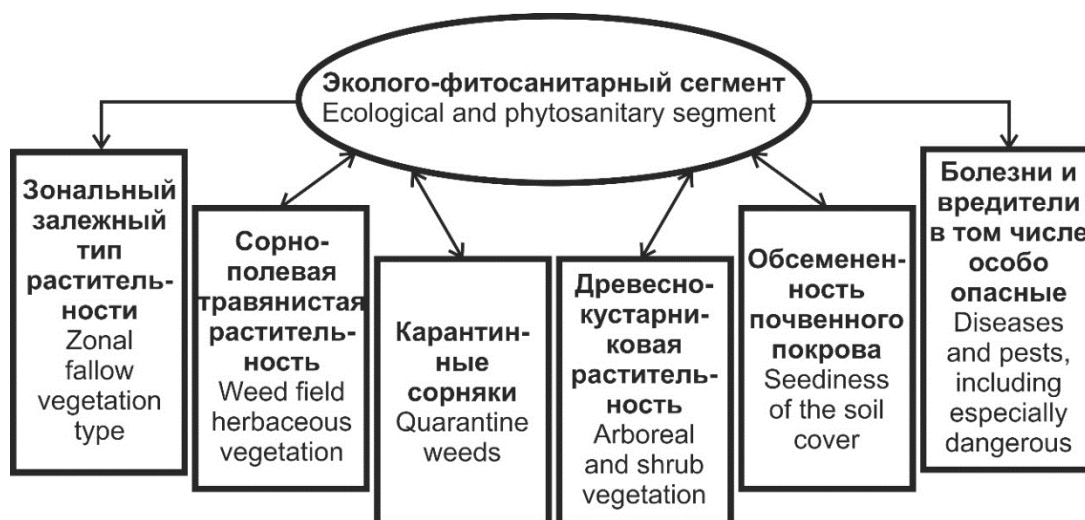


Рисунок 4 – Эколого-фитосанитарный сегмент модели

Figure 4 – Ecological and phytosanitary segment of the model

Актуальным показателем является степень обсемененности почвы семенами сорных растений. В зависимости от степени обсемененности почвы выполняется прогноз фитосанитарного состояния посевов при вводе участка в оборот и разрабатывается стратегия защиты растений.

Эколого-техногенный сегмент является важной составляющей природно-экологической модели, который необходимо учитывать при планировании длительное время не используемых сельскохозяйственных земель к освоению (рисунок 5).

Факторы техногенного загрязнения среды определяют качество сельскохозяйственной продукции, ограничения на отдельные виды сельскохозяйственного производства, а также саму возможность возобновления сельскохозяйственного использования земель.



Рисунок 5 – Эколого-техногенный сегмент модели

Figure 5 – Eco-technogenic segment of the model

По степени опасности загрязнения почвы выбросами промышленных объектов территорию делят на санитарно-защитные зоны, зоны влияния, к которым относят всю территорию, где концентрация загрязняющих веществ от промышленного объекта вы-

ше 0,05ПДК, за исключением санитарно-защитных зон. Территории, где концентрация загрязняющих веществ от промышленного объекта ниже 0,05ПДК, считают вне зоны влияния промышленного объекта.

Санитарно-защитные зоны определяются классом экологической опасности промышленного объекта. Для промышленных объектов и производства первого класса санитарно-защитная зона составляет 1 км, для промышленных объектов второго класса - 500 м, третьего класса соответственно – 300 м, четвертого и пятого класса – 100 и 50 м.

Мы уже рассматривали выше некоторые экологические факторы, которые получили развитие вследствие деформаций инженерно-мелиоративных объектов и соответствующих нарушений технологического регламента. Собственно, сами инженерные сооружения не являются объектами природной среды. Однако инженерные объекты мелиоративного плана могут оказывать непосредственное действие на окружающую экосистему, и прежде всего на – мелиорированные сельскохозяйственные земли. Состояние объектов такого плана необходимо учитывать при прогнозе развития экосистемы, в том числе при возобновлении хозяйственной деятельности на длительное время не используемых землях. Поэтому инженерно-инфраструктурный сегмент включен в состав модели и рассматривается в качестве одной из ее компонент (рисунок 6).

Физический износ мелиоративных сооружений является одной из ведущих причин возникновения аварий и формирования дополнительной нагрузки на окружающую среду. Выделяют несколько качественных этапов износа мелиоративных объектов, в том числе изменение прочности конструкций, утрата водонепроницаемости, накопление биогенных компонентов и частичная утрата функции, высокий риск возникновения аварий, разрушение и полная утрата функций.

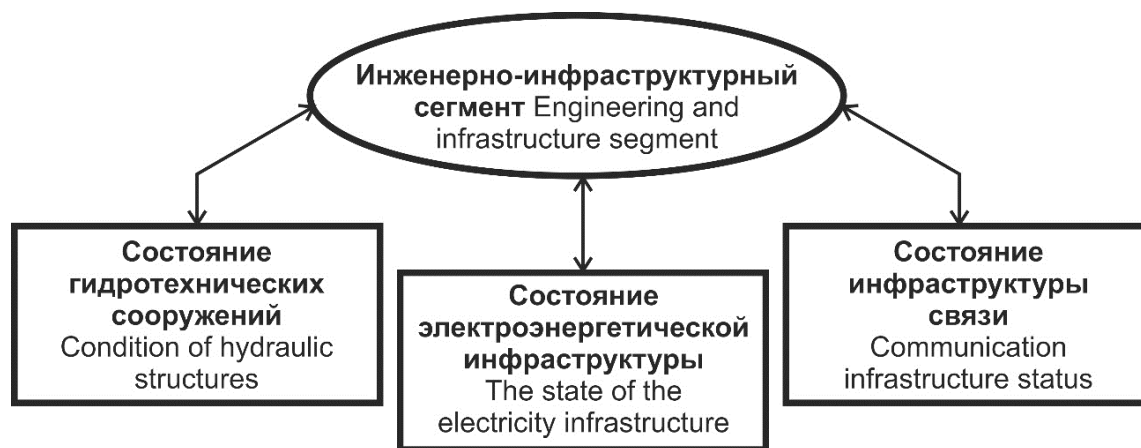


Рисунок 6 – Инженерно-инфраструктурный сегмент модели

Figure 6 – Engineering and infrastructure segment of the model

Таким образом, рассмотренные сегменты экологической модели не используемых сельскохозяйственных, бывших мелиорированных земель сами по себе являются многофакторными комплексами, объединяющими множество различных процессов. Совокупность факторов внутри каждого из сегментов определяет различные экологические ситуации, которые складываются на предполагаемых к повторному освоению участках.

Выводы. Рассмотрены компоненты экологической модели выведенных из оборота ранее мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения, в совокупности характеризующие любую экологическую ситуацию, с элементами типиза-

ции для последующего выбора типовых технологий освоения. Структура модели включает пять сегментов, которые были формализованы относительно основных проблемных моментов освоения брошенных и длительное время не используемых сельскохозяйственных земель. Это эколого-мелиоративный, эколого-деградационный, эколого-фитосанитарный, эколого-техногенный и инженерно-структурный сегменты модели, которые в совокупности позволяют оценить возможность освоения неиспользуемого участка.

Библиографический список

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / Г. А. Романенко [и др.]. Москва: Росинформагротех, 2008. 64 с.
2. Иванов А. Л., Волков С. Н., Савин И. Ю. Почвенно-экологические и инфраструктурные аспекты реализации стратегии развития агропроизводства в России // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2017. № 89. С. 104-120.
3. Кирейчева Л. В., Шевченко В. А., Юрченко И. Ф. Диагностика деградационных процессов на неиспользуемых сельскохозяйственных землях // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 2. С. 109-120.
4. Полякова Н. В., Платонычева Ю. Н., Серов А. А. Эффективность возврата залежи в состав пашни в зависимости от длительности зарастания участка и стадии сукцессии // Экономика сельского хозяйства России. 2016. № 5. С. 57-62.
5. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса / А. С. Овчинников, Н. А. Пронько, А. С. Фалькович, В. В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 9-17.
6. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке неиспользуемых сельскохозяйственных земель // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 6. С. 20-26.
7. A review of the application of remote sensing data for abandoned agricultural land identification with focus on Central and Eastern Europe / T. Goga [et al.] // Remote sensing. 2019. V. 11. 2759.
8. Critical Environmental Issues Confirm the Relevance of Abandoned Agricultural Land / N. Lana-Renault [et al.] // Water. 2020. V. 12. 1119.
9. Hilbig B. E., Allen E. B. Fungal pathogens and arbuscular mycorrhizal fungi of abandoned agricultural fields: potential limits to restoration // Invasive Plant Science and Management. 2019. V. 12. No 3. P. 186-193.
10. Major pollutants in soils of abandoned agricultural land contaminated by e-waste activities in Hong Kong / B. N. Lopez [et al.] // Arch Environ Contam Toxicol. 2011. V. 61. P. 101-114.
11. Marushia R. G., Allen E. B. Control of exotic annual grasses to restore native forbs in abandoned agricultural land // Restoration Ecology. 2011. V. 9. No 1. P. 45-54.
12. Ricci J. M. P., Conrad E. Exploring the feasibility of setting up community allotments on abandoned agricultural land: a place, people, policy approach // Land Use Policy. 2018. V. 79. P. 102-115.
13. Vegetation community and soil characteristics of abandoned agricultural land and pine plantation in the Qinling Mountains / Z. Kerong [et al.] // Forest Ecology and Management. 2010. V. 259. P. 2036-2047.

Информация об авторе

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovni-igim@yandex.ru

FORMATION OF THE INSURANCE FUND OF SPARE PARTS OF AGRICULTURAL ENTERPRISE BASED ON DATA OF THE RESOURCE-SUPPLYING ORGANIZATION

W. N. Rudenko¹, A. I. Raydnov², O. N. Bespalova¹, V. P. Voronov³

¹*Astrakhan State University, Astrakhan, Russia*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

³*Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan*

Received 12.03.2022

Submitted 11.05.2022

Summary

It is proposed to form an insurance fund of spare parts to eliminate sudden failures of tractors at an agricultural enterprise based on the use of probabilistic characteristics of trouble-free operation of parts and assemblies obtained from the results of processing statistical information of a regional resource-supplying organization. A methodology has been developed for calculating the need for spare parts by nomenclature and quantity for a predictable period of time.

Abstract

Introduction. Agricultural tractors operated in difficult production conditions are at risk of sudden failures, the elimination of which requires the delivery of the necessary spare parts to the repair site. Reducing the waiting time required for the replacement of parts, assemblies and aggregates in the total duration of the restoration of the working condition of the tractor allows you to increase its readiness factor. To reduce the duration of delivery, finding spare parts should be as close as possible to the place of repair. Despite the development of dealer networks, taking into account the significant distances between the farm and resource-supplying organizations, the need for a stock of spare parts directly at the agricultural enterprise remains urgent. The size of such an insurance fund in terms of nomenclature and quantity, on the one hand, should fully meet the need for spare parts until the next replenishment, on the other hand, should not be "excessive". In most farms, the formation and forecasting of the need for spare parts is carried out on the basis of warehouse accounting data for a certain period of time - according to the "average consumption". The results obtained, as a rule, are adjusted taking into account the experience and "intuition" of the mechanic. With a small number of tractors in operation, due to a small sample, the reliability of such forecasts is low. **The purpose of this work** - improving the accuracy of forecasting the insurance fund of spare parts in the warehouse of an agricultural enterprise for the required period of time. **Materials and methods.** The tractor is considered as a complex technical object (system), the probability of failure of which during normal operation is due to the probability of failure of its components and is characterized both collectively and individually by the failure current parameter. The reliability of the calculated estimates of the failure rate is determined by the volume of statistical information – the number of observed objects and the timing of observation. Resource-supplying organizations have significant arrays of statistical data on the consumption of spare parts used to restore the working condition of the tractor. Processing of this information makes it possible to evaluate the parameters of the failure flow with a high degree of reliability. **Results and conclusions.** Based on the statistical data provided by «Astrakhanagropromtehnika», estimates of the parameters of the failure flow of parts and components of MTZ-82 tractors operated in the Astrakhan region were obtained. According to the results of the calculations, the dependences of the probability of failure-free operation of individual parts and components of the engine, transmission, hydraulic system and electrical equipment, depending on the operating time of the tractor (moto-h), are established. The obtained dependencies make it possible to assess the probability of failure of individual elements of the tractor for the period until the subsequent replenishment of the stock reserve of spare parts. In order to increase the validity and accuracy of forecasting the insurance fund of spare parts in the warehouse of an agricultural enterprise for the required period, it is proposed to use the results of processing statistical data on the consumption of spare parts accumulated by resource-supplying organizations. A method is proposed for determining the qualitative and quantitative reserve of spare parts for cases of sudden failures of tractors, taking into account their probabilistic nature.

Key words: tractor, sudden failure, operable condition, probability of trouble-free operation, availability factor, spare parts, spare parts reserve.

Citation. Rudenko W.N., Raydnov A.I., Besspalova O.N., Voronov V.P. Formation of the insurance fund of spare parts agricultural enterprises based on data resource-supplying organization. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 507-516 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-61.

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 conflicts of interest.

УДК 631.372

ФОРМИРОВАНИЕ СТРАХОВОГО ФОНДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РЕСУРСОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В. Н. Руденко¹, кандидат технических наук, доцент

А. И. Ряднов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. Н. Беспалова¹, кандидат технических наук, доцент

В. П. Воронов³, аспирант

¹Астраханский государственный университет, г. Астрахань

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, г. Рязань

Дата поступления в редакцию 12.03.2022

Дата принятия к печати 11.05.2022

Актуальность. Сельскохозяйственные тракторы, эксплуатируемые в сложных производственных условиях, подвержены риску возникновения внезапных отказов, устранение которых требует доставки к месту ремонта необходимых запасных частей. Сокращение времени ожидания требуемых для замены деталей, узлов и агрегатов в общей продолжительности восстановления работоспособного состояния трактора позволяет повысить его коэффициент готовности. Для сокращения длительности доставки нахождение запасных частей должно быть максимально приближено к месту ремонта. Несмотря на развитие дилерских сетей, с учетом значительных расстояний между хозяйством и ресурсоснабжающими организациями актуальной остается необходимость наличия складского фонда запасных частей непосредственно на сельскохозяйственном предприятии. Размер такого страхового фонда по номенклатуре и количеству, с одной стороны, должен полностью удовлетворить потребность в запасных частях до следующего пополнения, с другой, – не должен быть «избыточным». В большинстве хозяйств формирование и прогнозирование потребности в запасных частях производится на основе данных складского учета за некоторый промежуток времени – по «среднему расходу». Полученные результаты, как правило, корректируются с учетом опыта и интуиции механика. При небольшом количестве эксплуатируемых тракторов, вследствие малой выборки, достоверность таких прогнозов является низкой. **Цель настоящей работы** – повышение точности прогнозирования страхового фонда запасных частей на складе сельскохозяйственного предприятия на требуемый период времени. **Материалы и методы.** Трактор рассматривается как сложный технический объект (система), вероятность возникновения отказов которого в период нормальной эксплуатации обусловлена вероятностью выхода из строя составляющих его элементов и характеризуется как в совокупности, так и по отдельности параметром потока отказов. Достоверность рассчитываемых оценок потока отказов определяется объемом статистической информации – количеством наблюдаемых объектов и сроками наблюдения. Значительными массивами статистических данных по потреблению запасных частей, используемых для восстановления работоспособного состояния трактора, располагают ресурсоснабжающие организации. Обработка этой информации дает возможность провести оценку параметров потока отказов с

высокой степенью достоверности. **Результаты.** На основе статистических данных, представленных ОАО «Астраханьагропромтехника», были получены оценки параметров потока отказов деталей и узлов тракторов МТЗ-82, эксплуатируемых в условиях Астраханской области. По результатам проведенных расчетов установлены зависимости вероятности безотказной работы отдельных деталей и узлов двигателя, трансмиссии, гидравлической системы и электрооборудования в зависимости от наработки трактора (мото-ч). Полученные зависимости дают возможность провести оценку вероятности выхода из строя отдельных элементов трактора на период до последующего пополнения складского резерва запасных частей. **Обсуждение и выводы.** В целях повышения обоснованности и точности прогнозирования страхового фонда запасных частей на складе сельскохозяйственного предприятия на требуемый период предлагается использовать результаты обработки статистических данных по потреблению запасных частей, накопленные ресурсоснабжающими организациями. Предложена методика определения качественного и количественного резерва запасных частей для случаев возникновения внезапных отказов тракторов с учетом их вероятностного характера.

Ключевые слова: страховые фонды запчастей, работоспособное состояние техники, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, запасные части, резерв запасных частей.

Цитирование. Руденко В.Н., Ряднов А.И., Беспалова О.Н., Воронов В.П. Формирование страхового фонда запасных частей сельскохозяйственного предприятия на основе данных ресурсоснабжающей организации. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 507-516. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-61.

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. Тракторы, являющиеся сложными техническими системами, подвержены риску потери работоспособного состояния, вызываемого возникновением внезапных отказов отдельных элементов или узлов. По некоторым источникам [9, 14] на аварийный ремонт приходится порядка 10% времени жизненного цикла трактора.

Простои, связанные с восстановлением работоспособного состояния тракторов, оказывают негативное влияние на эффективность производства сельскохозяйственной продукции. Поэтому сельхозпроизводитель заинтересован в сокращении длительности простоев при проведении аварийных ремонтов [4].

Событие, состоящее в отказе составной части машины и соответственно в возникновении потребности в необходимом резервном элементе может произойти в неопределенный момент времени и имеет вероятностный характер. Следовательно, для определения номенклатуры и количества запасных частей необходимо использование теоретических и практических положений надежности машин.

Использование методов теории вероятностей и массового обслуживания для обоснования величины резерва запасных частей рассмотрено в работах [1, 5, 7]. Отказы рассматриваются авторами как случайный спрос λ в единицу времени на запасные части i -го типа, а надежность машины определяется в зависимости от количества n_i резервных элементов. Пополнение резерва запасных частей осуществляется перед сезоном полевых работ и с учетом их потребления при эксплуатации машин при неустановившемся потоке отказов [10].

Стратегию формирования фонда запасных частей можно определять также и на базе математического аппарата биматричных игр [2].

Трактор в виде системы, включающей в себя группу Q ненадежных элементов q_i , требующих замещения резервными в течение времени t , рассматривается в работах [6, 13].

В качестве показателя надежности, характеризующего время ожидания запасных частей, можно использовать коэффициент готовности [ГОСТ 27.002-2015].

Коэффициент готовности, рассчитанный без учета продолжительности планируемых периодов, в течение которых применение машины по назначению не предусматривается, позволяет оценить непредусмотренные остановки машины, наличие которых свидетельствует о том, что для реальных условий эксплуатации плановые мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту не обеспечивают безотказной работы. Коэффициент готовности рассчитывается по известной зависимости [8]:

$$K_r = \frac{t_0}{t_0 + t_v}, \quad (1)$$

где t_0 – средняя наработка машины на отказ, ч; t_v – среднее время восстановления работоспособного состояния после отказа, ч.

Из формулы (1) следует, что увеличить коэффициент готовности можно, уменьшив значение t_v .

В свою очередь, среднее время восстановления работоспособного состояния можно представить в виде

$$\bar{t}_v = \bar{t}_{od} + \bar{t}_d + \bar{t}_3, \quad (2)$$

где t_{od} – длительность диагностирования отказа (поиск причин отказа), ч; t_d – длительность доставки запасных частей, ч; t_3 – длительность замены детали или узла, ч.

Очевидно, что наличие необходимого резерва запасных частей на складе хозяйства позволяет существенно сократить длительность их ожидания и продолжительность ремонта техники (рис. 1). Для этого, страховой запас должен полностью обеспечивать возникающую при проведении неотложных ремонтов потребность в запасных частях по номенклатуре и количеству.

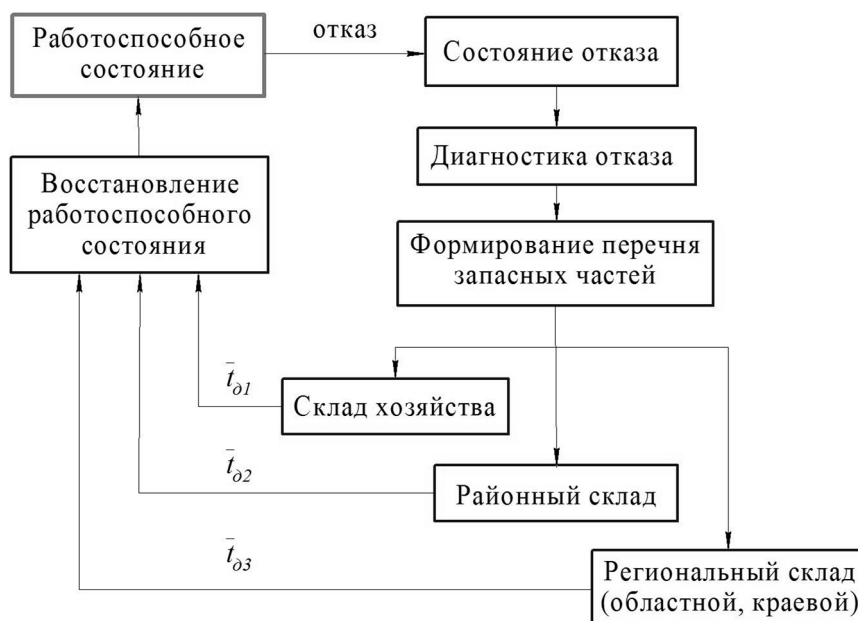


Рисунок 1 – Схема восстановления работоспособного состояния трактора

Figure 1 – Scheme for restoring the working condition of the tractor

В работе [3] для определения резерва запасных частей авторами предлагается использование программы «Агрокомплекс-Ресурсы», позволяющей вести базу данных склада запасных частей сельскохозяйственного предприятия с контролем прихода и расхода. При этом процесс управления фондами запасных частей учитывает разделение их номенклатуры по группам [11, 12].

Программа позволяет определять среднее значение q сезонного запаса деталей i -го типа по формуле:

$$q_i = C_{li} \cdot D \cdot N_i, \quad (3)$$

где C_{li} – среднесуточное потребление i -й запасной части, ед./сут·маш; D – продолжительность сезона полевых работ (агроскрок), сут.; N_i – количество машин на предприятии, потребляющих i -тую запасную часть, шт.

Значение параметра C_{li} для i -й запасной части рассчитывается программой на основе данных о её потреблении в указанный период работ за предыдущие годы.

Достоверность получаемых таким образом прогнозов во многом зависит от качества учета, длительности наблюдений и количества тракторов. Для средних и малых хозяйств, имеющих в парке небольшое количество машин одной марки и модели, достоверность подобных прогнозов согласно принципам теории вероятностей является низкой вследствие недостаточного размера выборки.

Обзор научных исследований позволил определить цель настоящей работы – повышение точности прогнозирования страхового фонда запасных частей на складе сельскохозяйственного предприятия на требуемый период времени.

Материалы и методы. В качестве решения данной задачи предлагается использование положений теории надежности технических объектов и статистических данных региональных ресурсоснабжающих организаций.

Согласно положениям теории надежности [8] в период нормальной эксплуатации (после окончания приработки и до существенного проявления постепенных отказов) при внезапных отказах вероятность безотказной работы машин $P(t)$ вместе с электро- и гидрооборудованием и последовательной заменой отказавших элементов аппроксимируют экспоненциальным распределением:

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (4)$$

где e – основание натурального логарифма ($e=2,7183$); λ – интенсивность отказов.

В статистической трактовке интенсивность отказов характеризуется параметром потока отказов $\lambda(t)$.

В сложных технических объектах (системах) параметр потока отказов рассматривается как сумма параметров потоков отказов элементов или типов устройств: механических, гидравлических, электрических, электронных

$$\Lambda(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \dots \quad (5)$$

Таким образом, количественная оценка параметров потока отказов отдельных деталей и узлов, определяющих возникновение внезапных отказов, позволяет провести оценку вероятности их безотказной работы на прогнозируемый период и сформировать необходимый страховой запас запасных частей.

Результаты и обсуждение. В качестве объекта исследования для определения вероятностных параметров безотказной работы отдельных элементов и устройств был выбран трактор марки МТЗ-82, широко используемый в сельскохозяйственных предприятиях Астраханской области.

Для получения расчетных значений параметров потока отказов различных узлов и деталей трактора использовалась статистическая информация о приобретении запасных частей в ресурсоснабжающей организации ОАО «Астраханьагропромтехника», являющейся единственным поставщиком, по АПК «Астраханский» (с. Заволжское Харабалинского района Астраханской области) за трехлетний период. АПК «Астраханский» осуществляет деятельность в типичных для Астраханской области почвенно-климатических условиях и занимается производством томатов для последующей переработки. В собственности предприятия находятся 16 тракторов модели МТЗ-82.1. Выбранное количество тракторов и времени наблюдений обеспечивают репрезентативность выборки отказов и соблюдение принятой достоверности расчетных значений результатов. С учетом даты приобретения в период наблюдений тракторы прошли обкатку и по характеру интенсивности отказов находились в периоде нормальной эксплуатации. Рассматриваемое сельскохозяйственное предприятие обладает достаточной ремонтной базой и квалифицированными специалистами для проведения всех видов технического обслуживания и текущего ремонта.

Из общей номенклатуры приобретаемых запасных частей были выделены три группы:

- 1) используемые для устранения повреждений при сохранении работоспособного состояния (лампочки, стекла и др.);
- 2) используемые для устранения параметрических отказов, допускающих использование трактора в течение некоторого времени без проведения ремонта, или постепенных отказов, выявляемых в процессе технического обслуживания;
- 3) необходимые для восстановления работоспособности при внезапных отказах функционирования, при которых трактор не может выполнять заданные технологические функции.

Средняя наработка элемента трактора на момент отказа определялась на основе исходных данных по зависимости

$$\bar{t}_{оэ} = \frac{N_m T_n i}{N_3}, \quad (6)$$

где N_m - количество машин данной марки в хозяйстве, шт; T_n - средняя наработка на машину за период наблюдений, мото-ч ; i - количество одноименных элементов на тракторе; N_3 - количество приобретенных хозяйством запасных частей.

Для средней по данным рассматриваемого хозяйства годовой наработки тракторов 1000 мото-ч и срока наблюдений 3 года значение $T_n = 1000 \cdot 3 = 3000$ мото-ч.

С учетом принятого допущения об экспоненциальном характере распределения отказов, параметр потока отказов для каждого элемента определялся по формуле:

$$\bar{\lambda}_3 = 1 / \bar{t}_{оэ}. \quad (7)$$

Выборка исходных данных и полученные расчетные значения $\bar{t}_{оэ}$ и $\bar{\lambda}_3$ характерных запасных частей, используемых для устранения параметрических и внезапных отказов функционирования, представлены в таблице 1.

Используя формулу функции вероятности безотказной работы для экспоненциального распределения (4) и расчетные значения $\bar{\lambda}_3$, построили графики зависимости $P(t)$ для различных деталей и узлов трактора (рис. 2)

Таблица 1 – Данные о реализации запасных частей, средней наработке $\bar{t}_{оэ}$ и плотность потока отказов $\bar{\lambda}_э$ (приведенные на одну машину)

Table 1 – Data on the sale of spare parts, average operating time $\bar{t}_{оэ}$ and failure rate density $\bar{\lambda}_э$ (given per machine)

Наименование детали, узла / Name of the part, node	Отчет по про- дажам / Sales Report	Средняя наработка на мо- мент отказа $\bar{t}_{оэ}$, мото-ч / Average operating time at the time of failure $\bar{t}_{оэ}$, moto-h	Параметр потока отказов $\bar{\lambda}_э$ / Bounce Flow Parameter $\bar{\lambda}_э$
Двигатель / engine			
-топливный насос высокого давления (ТНВД) / high pressure fuel pump (injection pump)	28	1286	0,0008
-радиатор / radiator	11	3273	0,0003
-насос системы охлаждения / cooling system pump	4	9000	0,0001
-вентилятор / fan	5	7200	0,0001
-ремень вентилятора / fan belt	234	154	0,0065
Трансмиссия / transmission			
-диск сцепления / clutch disc	26	1385	0,0007
-корзина сцепления / clutch basket	8	4500	0,0002
-крестовина карданной передачи / cardan transmission crosspiece	114	316	0,0032
Тормозная система/brake system			
-диск тормозной / brake disc	36	1000	0,0010
Гидросистема - hydraulic system			
-насос НШ-32 / NSH-32 pump	34	1059	0,0009
-рукава высокого давления / high pressure hoses	90	400	0,0025
Электрооборудование / electrical equipment			
-стартер / starter	32	1125	0,0009
-реле стартера / starter relay	9	4000	0,0003
-генератор / generator	30	1200	0,0008

На основании проведенных исследований рекомендуется следующая методика определения качественного и количественного запаса страхового фонда запасных частей.

1. На основе статистических данных определить перечень запасных частей (деталей и узлов), необходимых для восстановления работоспособности при внезапных отказах функционирования или параметрических отказах, оказывающих существенное влияние на выполнение трактором технологических функций.

2. Определить календарный период с даты текущего до даты следующего планируемого приобретения запасных частей (пополнения страхового запаса).

3. По диаграмме распределения наработки тракторов по месяцам определить наработку трактора ΔT_n за период между приобретениями запасных частей.

4. Задать вероятность безотказной работы для деталей и узлов, требуемых для восстановления работоспособного состояния трактора при возникновении отказа. В зависимости от длительности замены рекомендуется устанавливать $P=0,95$ или $P=0,9$.

5. Для заданной вероятности на основании функции вероятности безотказной работы рассчитать значения наработки на отказ $T_{эр}$ для выбранных деталей или узлов трактора.

6. Определить фактическую наработку элемента $T_{нэ}$ с момента приобретения трактора или последней замены.

7. Определить расчетное количество запасной части, как целое числовое значение отношения наработки

$$n_{эр} = \frac{\Delta T_n}{T_{эр} - T_{нэ}}. \quad (8)$$

8. Определить остаток запасных частей $n_{эо}$ в страховом фонде.

9. Рассчитать требуемое для пополнения страхового фонда количество запасных частей

$$n_{эн} = n_{эр} - n_{эо}. \quad (9)$$

10. При необходимости включить в перечень приобретаемых запасных частей сопутствующие детали и расходные материалы, заменяемые при проведении ремонта.

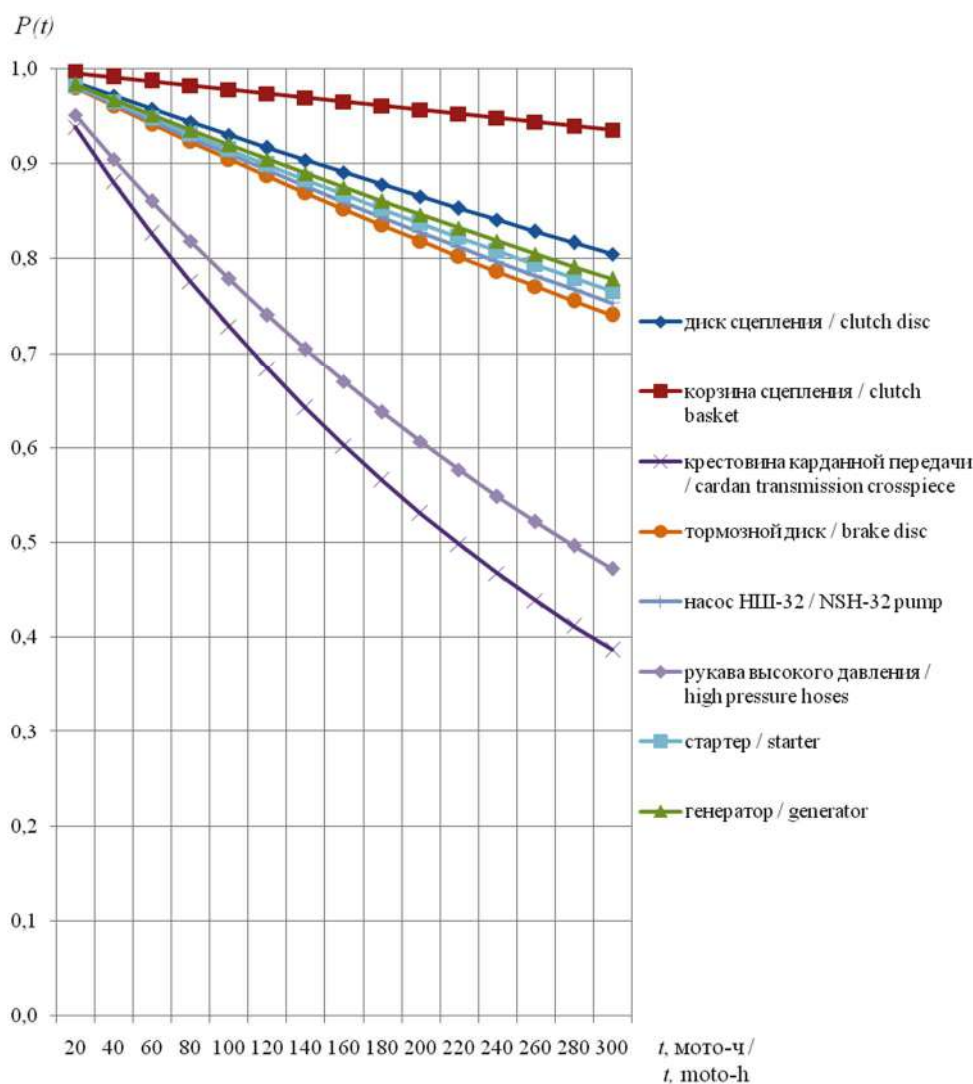


Рисунок 2 – Графики функций вероятности безотказной работы $P(t)$ для деталей и узлов трансмиссии, гидравлической системы и электрооборудования трактора

Figure 2 – Graphs of the probability of trouble-free operation $P(t)$ for transmission parts and components, hydraulic system and electrical equipment of the tractor

Пополнение страхового запаса запасных частей рационально проводить одновременно с приобретением расходных материалов для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту тракторов, поскольку восстановление работоспособного состояния тракторов может производиться путем замены вышедших из строя деталей и узлов как при прохождении технического обслуживания, так и при возникновении внезапных отказов.

Выводы. Большие объемы статистических данных по номенклатуре и количеству реализованных запасных частей, имеющиеся в распоряжении ресурсонабжающей организации, дают возможность с высокой достоверностью получить оценки вероятности безотказной работы узлов и агрегатов различных систем трактора. Использование этих оценок позволяет повысить обоснованность и точность формируемого на сельскохозяйственном предприятии страхового фонда запасных частей, что является важным фактором сокращения издержек как от простоя тракторов, так и доставки и хранения запасных частей.

Библиографический список

1. Адаменко А. А. Состояние и развитие методики учета и анализа материально-производственных запасов в сельскохозяйственных организациях: монография. Краснодар: Изд-во: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2018. 184 с.
2. Алдошин Н. В. Выбор стратегий создания вторичного фонда запасных частей // Вестник РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. 2015. № 1. С. 7–10.
3. Валуев Н. В., Никитченко С. Л., Волошин А. Д. Повышение надёжности сельскохозяйственной техники обоснованием резерва запасных частей на период полевых работ // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 2 (46). С. 55–62.
4. Галиев И. Г., Хусаинов Р. К. Обеспечение работоспособности тракторов в аграрном производстве с учетом условий их эксплуатации: монография. М.: КноРус, 2019. 150 с.
5. Керимов М. А. Модель расхода запасных частей с учетом заданной вероятности отсутствия простоев сельскохозяйственной техники // Известия международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 27–29.
6. Надежность систем и агрегатов тракторов семейства МТЗ и распределение отказов по интервалам наработки / В. В. Иванов, С. А. Доценко, А. В. Седов, А. П. Николаев // Пермский аграрный вестник. 2017. № 4 (20). С. 30–35.
7. Никитченко С. Л., Воронов Е. В. Причинные факторы снижения эксплуатационной надёжности сельскохозяйственной техники // Вестник НГИЭИ. 2020. № 2 (105). С. 56–66.
8. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, Р. В. Шарипов, В. А. Бариль // Известия НВ АУК. 2021. № 1 (61). С. 441–452.
9. Редреев Г. В., Козлихина Е. Е. Проектирование технического обслуживания тракторов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (26). С. 120–126.
10. Филатов М. И., Юсупова О. В. Формирование резерва запасных частей для ремонта транспортно-технологических машин // Вестник ОГУ. 2014. № 10 (171). С. 213–218.
11. Царев Ю. А., Симон Д. В. Синтез модели управления эксплуатационной надежностью зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2015. № 11. С. 38–40.
12. Царев Ю. А., Симон Д. В. Алгоритм управления запасами как метод управления эксплуатационной надежностью зерноуборочных комбайнов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 01(115). <http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/15.pdf>.
13. Mathematical modeling of agricultural machinery technical maintenance / V. N. Kurochkin, A. A. Seryogin, N. V. Valuev, V. P. Zabroadin, V. S. Gazalov, S. L. Nikitchenko // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. Vol. 9. No 7S. P.742–751.
14. Research of reliability of MTZ-80/82 tractors / P. A. Tabakov, V. P. Tabakov, A. A. Klimashov // Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft. 2021. № 8-1. P. 54–58.

Информация об авторах

Руденко Валерий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры агротехнологий, инженерии и агробизнеса, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» (РФ, 414000, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а).

ORCID: <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-6518-9594>. E-mail: kafedraama@mail.ru

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Беспалова Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры агротехнологий, инженерии и агробизнеса, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» (РФ, 414000, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а).

ORCID: <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9688-7974>. E-mail: kafedraama@mail.ru

Воронов Владимир Петрович, аспирант кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева (ул. Костычева, 1, Рязань, Рязанская обл., 390044) E-mail: vp_voronov@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-62

DEVELOPMENT OF A TERMINOLOGICAL SYSTEM IN THE FIELD OF CONCEPTS OF RECLAIM HYDRO-ENGINEERING STRUCTURES

V. V. Slabunov, A. A. Kirilenko, O. V. Voevodin, A. L. Kozhanov

Federal State Budgetary Scientific Institution

«Russian Research Institute of Melioration Problems», Novocherkassk

Received 25.04.2022

Submitted 26.05.2022

Abstract

Introduction. The issues of language models that depict the real system of scientific and technical concepts of a particular subject area do not lose their significance. The progressiveness of the applied technical and technological solutions in the field of hydromelioration leads to a constant renewal of the reference field of semantic concepts, which makes communication between specialists in this field difficult. In this regard, the purpose of this study was to develop a terminological system based on the classification of concepts in the field of ameliorative hydraulic structures (HS). **Object.** The object of the study was a set of terms and scientific and technical concepts in the field of hydraulic structures. **Materials and methods:** analysis of the literature of domestic and foreign authors, as well as regulatory and technical documentation on land reclamation and water management in the context of the provisions of GOST R ISO 704, R 50.1.075, RMG 19-96 and the requirements for the terms of D. S Lotte; use of the rules for constructing the structure of a terminology system according to single and differential categorical-lexical seme; the formation of a terminological system according to the principles «from the general to the particular» and «from the defining to the defined». **Results and conclusions.** At the heart of the formation and development of the terminological field in the field of hydraulic structures lies the vast experience in mastering the theory and practice of a set of technical measures. On this base, 15 basic terms (technological categories of structures) are clearly distinguished, which form the core of the terminological system. The second group is formed by derivatives and complex terms. The main dependence or differential categorical-lexical seme of the basis for the formation of this group is «the location of the structure in the system > the functions of the structure performed > the structure of the structure». Thus, a preliminary list of lexical units of the terminological system in the field of hydraulic structures has been obtained. Subject to certain principles of the use of lexical units, the terminological field in the field of hydraulic structures is a logical and semantic relationship between them. The above system of concepts, rules and recommendations can be considered as a methodological basis for a reasonable update and development of the conceptual and terminological apparatus in the field of scientific theory of hydraulic structures.

Key words: terminological system, term, seme, land reclamation, irrigation and drainage system, hydraulic structure.

Citation. Slabunov V. V., Kirilenko A. A., Voevodin O. V., Kozhanov A. L. Development of a terminological system in the field of concepts of reclaim hydro-engineering structures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 516-526 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-62.

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

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

УДК 631.6:001.4

РАЗРАБОТКА ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ПОНЯТИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В. В. Слабунов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

А. А. Кириленко, младший научный сотрудник

О. В. Воеводин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

А. Л. Кожанов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»,
г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 25.04.2022

Дата принятия к печати 26.05.2022

Актуальность. Вопросы лингвистических моделей, изображающих реальную систему научно-технических понятий конкретной предметной области, не теряют свою значимость. Прогрессивность применяемых технических и технологических решений в области гидромелиорации приводит к непрерывному обновлению референтного поля семантических понятий, что затрудняет коммуникацию между специалистами указанной области. В связи с этим целью данного исследования являлась разработка терминологической системы (терминосистемы), основанной на классификации понятий в области мелиоративных гидротехнических сооружений (ГТС). **Объект.** Объектом исследования выступала совокупность терминов и научно-технических понятий в области ГТС. **Материалы и методы.** Анализ литературы отечественных и зарубежных авторов, а также нормативно-технической документации по вопросам мелиорации земель и водного хозяйства в разрезе положений ГОСТ Р ИСО 704, Р 50.1.075, РМГ 19-96 и требований к терминам Д. С. Лотте; использование правил построения структуры терминосистемы по единой и дифференциальным категориально-лексическим семам; формирование терминосистемы по принципам «от общего к частному» и «от определяющего к определяемому». **Результаты и выводы.** В основе становления и развития терминологического поля в области ГТС лежит огромный опыт освоения теории и практики комплекса технических мероприятий. На этой базе отчетливо выделяются 15 базовых терминов (технологических категорий сооружений), составляющих ядро терминосистемы. Вторую группу образуют производные и сложные термины. Главная зависимость или дифференциальная категориально-лексическая сема основы образования этой группы – «местоположение сооружения в системе > выполняемые функции сооружения > конструкция сооружения». Так, получен предварительный перечень лексических единиц терминологической системы в области ГТС. При соблюдении определенных принципов употребления лексических единиц терминологическое поле в области ГТС представляет собой логическое и семантическое отношение между ними. Приведенная система понятий, правил и рекомендаций может быть рассмотрена как методическая база обоснованного обновления и развития понятийно-терминологического аппарата в области научной теории ГТС.

Ключевые слова: терминологические системы, термины, сема, мелиорация, гидромелиоративные системы, гидротехнические сооружения.

Цитирование. Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В., Кожанов А. Л. Разработка терминологической системы в области понятий мелиоративных гидротехнических сооружений. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 516-526. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-62.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По мере развития качественно новых научных достижений понятийно-терминологический аппарат как отдельный пласт лексики все больше приобретает значение в широком радиусе: от теоретических вопросов общих закономерностей совершенствования отдельных отраслей знаний до практических задач стандартизации отраслевого лексического состава и его корректного упорядочивания [6, 19, 22, 23, 29]. Однако в рамках научного поля категоризация и типология объекта исследования имеют много форм, также разнообразна их проблематика [9, 13].

За последние десятилетия вопросы научно-технической терминологии и понятий в области гидромелиорации не теряют своей актуальности [4, 5, 7, 14, 26, 30]. Усовершенствование технологического уровня производственного фонда, в том числе гидромелиоративных систем, приводит к постоянному обновлению референтного поля семантических понятий и затрудняет коммуникацию между специалистами указанной области. Так, учеными-мелиораторами отмечается [9, 21], что организованной системы отношений между терминами не предусмотрено, лексические единицы рассматриваются и разделяются по ряду характерных признаков, обилие и многозначность которых зачастую вызывают неопределенность и противоречивость.

В современной науке термины изучаются путем их иерархического упорядочивания, т. е. посредством образования определенной системы, внутри которой они принимают особое терминологическое значение [2, 8, 16, 18, 27, 28]. В настоящее время в нашей стране в мелиоративной отрасли организация классификации систем и сооружений традиционно базируется на дифференциации по гидротехническому виду мелиорации на оросительные и осушительные системы, а общий состав гидротехнических сооружений (ГТС) таких систем, согласно ряду авторов [4, 5] и документам в области стандартизации [10-12], установлен в количестве от 13 до 17 видов. В это же время постоянство развития системы знаний впоследствии приводит к возникновению на этой основе плюрализма, в результате чего существующая терминологическая система (терминосистема) в области мелиоративных ГТС входит в очевидное противоречие с реальным состоянием изучаемых вопросов.

В этой работе ставится цель разработки терминосистемы, основанной на классификации понятий в области мелиоративных ГТС. При этом в качестве ориентации по формированию терминосистемы в соответствии с предъявляемыми требованиями выступает своего рода «эталон», достижение которого проблематично, но к которому мы стремимся.

В работе мы не предпринимаем попытки установить универсальный подход к определению технологической структуры гидромелиоративной системы или принципиально поменять какой-либо из существующих взглядов на состав ее элементов (подэлементов). Вслед за О. Ю. Шмелевой (СПбГУЭФ) под терминосистемой мы будем понимать определенную систему терминов, основанную на классификации понятий, которые обнаруживают специфичность и общность семантики.

Материалы и методы. В основу работы легли материалы отечественных и зарубежных исследователей по вопросам гидромелиорации земель и водного хозяйства, а также положения, представленные в соответствующей нормативно-технической и методической документациях. Так, основные термины по тематике исследований предложены: в работах В. Н. Щедрина, А. В. Колганова, В. Н. Шкуры, Н. В. Трифионовой, О. С. Софинской, А. П. Полад-Заде, Н. Н. Абрамова, М. М. Гришина, П. А. Михеева, Б. С. Маслова, И. В. Минаева, И. В. Никоноровой, И. И. Павлиновой, Н. П. Розанова, Н. Г. Захарова, В. В. Богатырева, К. Lambert, W Wolfel; в стандартах СТО 17330282.27.140.003, СП 100.13330, ГОСТ 19185, ГОСТ 19179, ГОСТ 26966, ГОСТ 26967.

В числе основных компонентов методической базы работы выступали требования к терминам, сформулированные Д. С. Лотте, и нормативные положения, изложенные в ГОСТ Р ИСО 704-2010 [24], Р 50.1.075-2011 [15] и РМГ 19-96 [17]. Для анализа материалов прежде всего приняли следующее правило: слова и словосочетания должны отвечать общей грамматической и категориально-лексической семе, составляющей семантическую основу (признак) каждой отдельной группы (иерархического ранга). При этом в основе терминосистемы использовали единую сему, которую и дополняли дифференциальными семами.

Вся работа по формированию терминосистемы проводилась по принципам «от общего к частному» и «от определяющего к определяемому», при этом учитывались только существенные признаки, четко разграничивающие понятия от смежных и отражающие их общность (связь) с другими понятиями далее по иерархии.

Результаты и обсуждение. Анализ действия экономических экстралингвистических факторов указывает на то, что семантическое поле в области мелиоративных ГТС развивалось в среде ускоренного освоения теории и практики мелиорации земель, начиная с конца XIX в. и вплоть до начала XXI в. Базовые термины в форсированном темпе образовывались и развивались из научных понятий более низкого уровня, при этом первоначальной мотивацией выступали функциональные признаки. Филологами и специалистами в терминоведении на этой основе предлагается выделять отдельную группу терминов-категорий, т. е. тех, которые «называют» понятия, относящиеся к определенным онтологическим группам.

Исходя из приведенных дефиниций в качестве единой категориально-лексической семы в области понятий ГТС мелиоративных систем принимаем технологию управления или взаимодействия с водными ресурсами внутри комплекса мелиоративных сооружений. При рассмотрении состава ГТС мелиоративной системы можно заметить, что отчетливо выделяются 15 терминов-категорий (таблица 1), которые выступают в терминосистеме в качестве зоны, составляющей ее ядро. Основанием для включения указанных терминов послужила следующая категориально-лексическая сема: характер технологической особенности. На этом этапе мы сталкиваемся с противоречиями, связанными с устоявшейся дифференциацией технических понятий, а именно синтезом различных пониманий. Разберем некоторые из них.

Из определений к термину «станция насосная» может сложиться мнение, что к функциям насосной станции как мелиоративного ГТС, помимо обеспечения напорного режима, относится и «...транспортирование воды...». Однако стоит помнить, что подвод и отвод (транспортирование) воды осуществляет водопроводящее сооружение, а насосная станция лишь обеспечивает необходимые гидравлические параметры водного потока.

Выделяют как осушительную сеть, коллекторно-дренажную, так и водосборно-сбросную сети, которые в своей основе указывают на один и тот же характер технологической особенности – отвод избыточных вод. На этой основе в рамках настоящей терминосистемы мы склонны к соподчинению видовых понятий в одной устоявшейся категории – «сеть коллекторно-дренажная» – с дальнейшим установлением родственных связей с понятиями разных мелиоративных школ (оросительной или осушительной практики). То есть при наличии на оросительной системе водосборно-сбросной сети или на осушительной системе – осушительной сети здесь их необходимо понимать именно с точки зрения коллекторно-дренажной сети.

Стоит отметить, что здесь и далее под «ГТС» мы понимаем сооружение на мелиоративной системе, подвергающееся воздействию водной среды и предназначенное для использования (охраны) водных ресурсов или предотвращения вредного воздействия вод.

Таблица 1 – Состав ядра терминосистемы в области мелиоративных ГТС
в разрезе связи термина с определением

Table 1 – The composition of the core of the terminological system in the field of HS
in the context of the connection of the term with the definition

№ п/п	Термин	Определение	Характер технологической особенности
1	2	3	4
1	Сооружение водоподпорное или водоподпор	ГТС для подъема уровней воды перед сооружением и за ним	Создание подпора
2	Сооружение водозаборное или водозабор	ГТС для забора воды из водного объекта в водопроводящее сооружение	Забор воды из водного объекта
3	Станция насосная	Комплекс ГТС и оборудования, обеспечивающие забор (сброс) воды из водного объекта или осушительного канала, подъем и транспортировку ее к месту потребления или отвода в аккумулирующую емкость или водоприемник гидромелиоративной сети	Перекачка воды
4	Сеть оросительная	Система ГТС, предназначенная для подвода воды от водного объекта или водопроводящего сооружения к орошаемым землям	Подвод воды к орошаемым землям
5	Сеть коллекторно-дренажная	Система ГТС, устраиваемая на мелиорируемых землях с целью сбора избыточных почвенно-грунтовых и (или) поверхностных вод и отведения их в отдельную сеть или водоприемник гидромелиоративной сети	Отвод избыточных вод
6	Сооружение регулирующее или регулятор	Комплекс сетевых ГТС, устраиваемый на водопроводящих сооружениях и в узлах водodelения оросительных сетей для регулирования водоотведения, водodelения, расходов и (или) уровней воды	Водоотведение, водodelение и регулирование гидравлических параметров водного потока
7	Сооружение сопрягающее	Сетевое ГТС для сопряжения участков водного потока или водоподпорных сооружений разного типа	Сопряжение водного потока или водоподпорных сооружений
8	Сооружение водопроводящее или водовод	ГТС для транспортировки воды	Транспортирование воды
9	Сооружение водопропускное или водопропуск	ГТС для полезного попуска и (или) сброса транзитных и избыточных вод из водного объекта или водопроводящего сооружения в аккумулирующую емкость или водоприемник гидромелиоративной сети	Полезный попуск и сброс транзитных и избыточных вод
10	Сооружение гидрометрическое	Сетевое ГТС, оборудованное средствами (устройствами) для измерений расходов и (или) уровней воды	Измерение гидравлических параметров воды
11	Сооружение дорожно-транспортное	Сетевое ГТС для пропуска транспортных средств, пешеходов и животных в местах пересечения дорогой водного объекта или водопроводящего сооружения	Пропуск через водный объект или водопроводящее сооружение

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
12	Сооружение рыбозащитное	ГТС и (или) устройство для предотвращения попадания, травмирования, гибели личинок, молоди и половозрелых рыб на водозаборах	Защита рыб на водозаборах
13	Сооружение противоэрозионное водное	ГТС, противодействующее разрушающей силе водного потока на грунт	Защита грунта от водной эрозии
14	Сооружение ограждающее	ГТС для ограждения искусственных водных объектов, для направленного отклонения потока воды и защиты территории от затоплений	Ограждение водных объектов, отклонение потока воды и защита территории от затоплений
15	Отстойник	ГТС в виде емкости, периодически или непрерывно заполняемой нанососодержащим потоком воды, обеспечивающее условия для осаждения и последующего удаления взвешенных наносов	Очистка воды

Следующая категориально-семантическая группа системы включает производные и сложные термины, основой для образования которых послужили базовые термины, находящиеся в зоне ядра. Образование терминологических словосочетаний второго иерархического ранга, как правило, выстраивается на деривационном уровне согласно следующей модели: N (сущ./сущ. прил.) + А (прил.). Главный принцип, выступающий своего рода детерминантной в построении (выделении по одному основанию) структуры терминосистемы в данной группе, мы склонны видеть в следующей зависимости: «местоположение сооружения в системе > выполняемые функции сооружения > конструкция сооружения» ($A_1 > A_2 > A_3$) (рисунок 1).

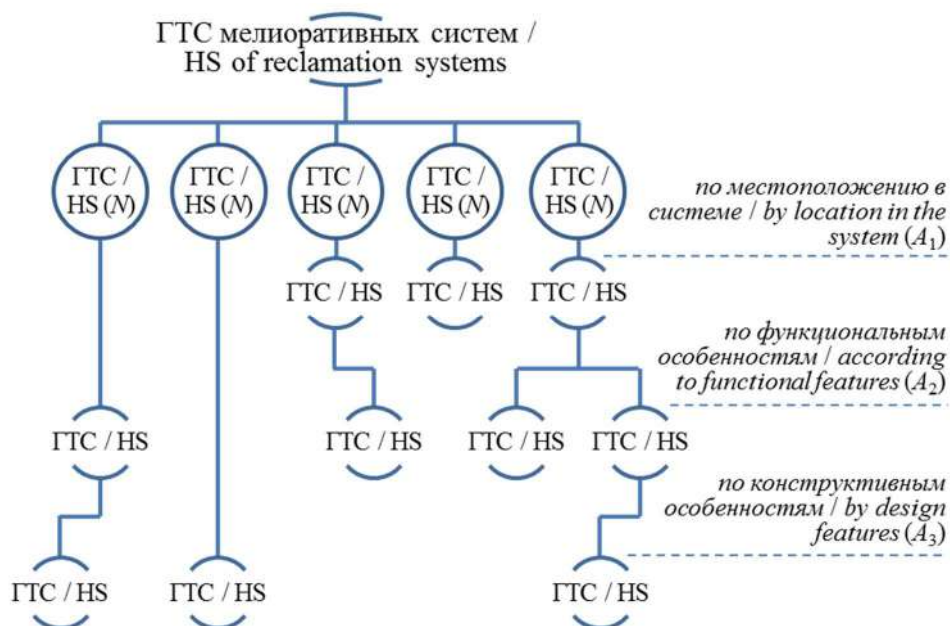


Рисунок 1 – Критерии дифференциации второй категориально-семантической группы терминологической системы в области мелиоративных ГТС

Figure 1 – Criteria for differentiation of the second categorical-semantic group terminological system in the field of HS

Зависимость критериев для их использования в рамках классификации обусловлена тем фактом, что принципиально разные в технологическом аспекте категории сооружений невозможно систематизировать по одному делению. Последовательность можно объяснить тем, что именно от местоположения сооружения (относительно системы или вод источника) определяются первичные и последующие параметры конструкции. В случае же если тип сооружения не может быть классифицирован по указанию на локализацию ГТС, то следует перейти на следующий классификационный критерий и начать систематизацию с него и далее по аналогии. Данный принцип позволяет наиболее широко охватить и систематизировать терминологический аппарат в рассматриваемой области. Таким образом, сема второй группы системы основывается на функционально-технических признаках (в нашем случае признаков разных типов одной категории ГТС).

Предварительный перечень лексических единиц второй группы терминологической системы представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Предварительный перечень лексических единиц второй категориально-семантической группы терминологической системы в области мелиоративных ГТС

Table 2 – Preliminary list of lexical units of the second categorical-semantic group of the terminological system in the field of HS

№ п/п	Базовые одно- и двухкомпонентные словосочетания	Классификационный критерий (первичный)	Производные и сложные двух- и трехкомпонентные словосочетания
1	2	3	4
1	Водоподпор	По конструкции	Водоподпор плотинный
			Водоподпор дамбовый
2	Водозабор	По местоположению	Водозабор глубинный
			Водозабор поверхностный
			Водозабор донный
			Водозабор ярусный
			Водозабор подземный
3	Станция насосная	По местоположению	Станция насосная головная
			Станция насосная перекачивающая
			Станция насосная подкачивающая
4	Сеть оросительная	По функции	Сеть оросительная проводящая
			Сеть оросительная регулирующая
5	Сеть коллекторно-дренажная	По функции	Сеть коллекторно-дренажная регулирующая
			Сеть коллекторно-дренажная проводящая
			Сеть коллекторно-дренажная оградительная
6	Регулятор	По конструкции	Регулятор шлюзовой (открытый)
			Регулятор трубчатый (закрытый)
			Регулятор диафрагмовый
7	Сооружение сопрягающее	По конструкции	Сооружение сопрягающее быстроточное
			Сооружение сопрягающее перепадное
8	Водовод	По конструкции	Водовод канальный
			Водовод туннельный
			Водовод лотковый
			Водовод трубопроводный
			Водовод шлюзовой
9	Водопропуск	По функции [3]	Водопропуск сбросной
			Водопропуск водоспускной
			Водопропуск водовыпускной

1	2	3	4
10	Сооружение гидрометрическое	По конструкции	Сооружение гидрометрическое передаточное
			Сооружение гидрометрическое непереда- точное
11	Сооружение дорожно-транспортное	По конструкции	Сооружение дорожно-транспортное трубчатое-переездное
			Сооружение дорожно-транспортное мостовое
12	Сооружение рыбозащитное	По конструкции	Сооружение рыбозащитное заградительное
			Сооружение рыбозащитное оградительное
			Сооружение рыбозащитное отводящее
			Сооружение рыбозащитное комплексное
13	Сооружение противо-эрозионное	По местоположению	Сооружение противозрозионное склоновое
			Сооружение противозрозионное веришнное
			Сооружение противозрозионное донное
14	Сооружение огради- тельное	По конструкции	Сооружение оградительное канальное
			Сооружение оградительное дамбовое
15	Отстойник	По местоположению	Отстойник русловой
			Отстойник головной
			Отстойник внутрисистемный

The diagram illustrates the structure of a term system as a series of concentric circles representing different levels of organization:

- Неорганизованный (периферийный) уровень терминосистемы / Unorganized (peripheral) level of the term system:** The outermost layer, containing individual terms (термин / term).
- Второй уровень терминосистемы (производные и сложные термины) / The second level of the term system (derivatives and complex terms):** The middle layer, containing terms that are derivatives or complex (термин / term).
- Ядро терминосистемы (базовые термины) / The core of the term system (basic terms):** The innermost layer, containing basic terms (термин / term). These are further categorized by:
 - неспециальная лексика / non-special vocabulary** (scientific oral and written special speech)
 - практическая устная специальная речь / practical oral special speech**
 - характер технологических особенностей (N) категория гидротехнического сооружения / nature of technological features (N) category of hydraulic structure**
 - функционально-технические признаки (A) тип гидротехнического сооружения / functional and technical features (A) type of hydraulic structure**

At the bottom, a label indicates the overall composition: **совокупность неорганизованных признаков / set of disorganized features**.

Figure 2 – Terminological field in the field of HS

Дальнейший анализ (совершенствование) системы необходимо проводить с учетом: во-первых, принятой в основе категориально-тематической классификации, способствующей выделению основных направлений терминов в области мелиоративных ГТС; во-вторых, исходя из структурной дифференциации терминов, позволяющей отметить доминирующие модели терминологии настоящей области; в-третьих, на базе способов образования терминов (синтаксического, семантического, морфологического и заимствования). При этом немаловажно помнить о неотъемлемых характеристиках термина:

- его системности как единицы стройной системы понятий [1];
- семантической точности в разрезе его логической дефиниции;
- связи с научным понятием.

Выводы.

1. Основываясь на полученных результатах с уверенностью можем отметить, что терминосистема в области мелиоративных ГТС – это развивающееся объединение лексических единиц (основополагающих и производных терминов), которое при соблюдении определенных принципов при их употреблении представляет собой логическое и семантическое отношение между ними. При всем этом зона, составляющая ядро системы (базовые термины), выделяется отчетливо, но нуждается в дальнейшем ее упорядочивании.

2. В основу общей грамматической и категориально-лексической семы терминологической системы в области мелиоративных ГТС легла «технология управления (взаимодействия) водными ресурсами внутри комплекса взаимосвязанных мелиоративных сооружений». Содержание семы дифференцировано на «характер технологических особенностей» и «функционально-технические признаки», которые находятся в эквиполентной оппозиции по отношению друг к другу. Термины рассматриваются совместно различным классификациям, среди которых в данной работе приведены классификации: по функции, конструкции и местоположению.

3. Приведенная система понятий, правил и рекомендаций может выступать своего рода методической базой, позволяющей обоснованно заниматься обновлением и развитием понятийно-терминологического аппарата, и призвана помочь исследователям в области научной теории мелиоративных ГТС. Так, результаты данной работы легли в основу методической базы разработки национального стандарта «Системы и сооружения мелиоративные. Термины и определения» (проект ГОСТ Р от 30.11.2021).

Библиографический список

1. Алимуратов О. А., Лату М. Н., Раздубов А. В. Особенности структуры и функционирования отраслевых терминосистем (на примере терминосистемы нанотехнологий): монография. Пенза: СНЕГ, 2011. 112 с.
2. Вавилова К. Ю. Образование офтальмологических терминов в английском языке // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2019. Т. 12. № 12. С. 231–235.
3. Водопропускные гидротехнические сооружения (водосбросные, водоспускные и водовыпускные). Правила проектирования: СП 290.1325800.2016. Введ. 2017-06-17. ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
4. Воеводин О. В., Слабунов В. В. О классификации водозаборных сооружений мелиоративного назначения // Экология и водное хозяйство. № 1(01). 2019. С. 99–112.
5. Воеводин О. В., Слабунов В. В., Кириленко А. А. Вопросы энергоэффективности и энергосбережения в мелиоративном комплексе: иерархическая классификация микрогидроэлектростанций // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 3 (39). С. 224–240.
6. Иванова О. Б. Связь терминологии мехатроники с терминологиями других наук // Язык и культура в условиях глобализации: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 22 ноября 2017 года. Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью «Центр развития научного сотрудничества», 2017. С. 49–57.

7. Классификация мелиоративных мероприятий и работ / С. М. Васильев [и др.]. Новочеркасск. 2019. 39 с.
8. Конова М. А. Способы образования сложных терминов экологической системы в английском языке // Экологическая ответственность нефтегазовых предприятий: материалы конференции. Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2017. С. 231–235.
9. Матвеев Ф. В. История классификации гидротехнических сооружений // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 3. С. 8–18.
10. Мелиорация. Мелиоративные системы и сооружения. Классификация: ГОСТ Р 58330.1-2018. Введ. 2019-07-01. «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
11. Мелиоративные системы и сооружения: СП 100.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85 (с Изменением № 1). Введ. 2017-17-06. ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
12. Мелиоративные системы и сооружения: СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011. Часть 1. Оросительные системы. Общие требования к проектированию и строительству. Введ. 2011-05-12. ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
13. Микони С. В. О классе, классификации и систематизации // Онтология проектирования. 2016. № 1 (19). <https://cyberleninka.ru/article/n/o-klasse-klassifikatsii-i-sistematizatsii>.
14. Принципы построения классификации мелиоративных систем / А. Л. Кожанов [и др.]. Новочеркасск, 2012. 130 с.
15. Разработка стандартов на термины и определения: Р 50.1.075-2011. Введ. 2012-03-01. ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
16. Рашидова Н. Б. Способ словосложения, как один из способов образования терминов в сфере образования в арабском языке // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 11. С. 415–419.
17. Рекомендации по основным принципам и методам стандартизации терминологии: РМГ 19-96. Введ. 1998-21-04. ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
18. Самоходкина Л. Г., Курдюков Б. Ф. Сущность основных понятий и терминов образования через призму современных нормативных документов // Материалы ежегодной отчетной научной конференции аспирантов и соискателей Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. 2017. № 1. С. 138–142.
19. Сафаров А. Ш. Становление и развитие терминологии и терминологии в современном таджикском литературном языке // Вестник Педагогического университета. 2020. № 4 (87). С. 101–105.
20. Семенова Т. Б., Балкизов З. З., Алексеева А. Ю. Обновленный глоссарий терминов в области медицинского образования // Медицинское образование и профессиональное развитие. 2020. Т. 11. № 3(39). С. 8–20.
21. Слабунова А. В., Слабунов В. В. Современные проблемы понятийно-терминологического аппарата в области мелиорации земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2(58). С. 396–404.
22. Стожок Е. В., Халевина С. Н. Антропометрический принцип в терминологии (на примере английской и немецкой экономической терминологии) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Лингвистика. 2020. № 5. С. 30–42.
23. Сухоруков А. Н., Марашли И. Х. Лексические и грамматические закономерности образования терминологии научного стиля в арабском языке (на примере терминологии информационных технологий) // Современное педагогическое образование. 2021. № 1. С. 152–157.
24. Терминологическая работа. Принципы и методы: ГОСТ Р ИСО 704-2010. Введ. 2011-09-01. ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
25. Яковлева В. Н. Особенности лексико-семантического способа образования английских военных терминов // Совершенствование методологии познания в целях развития науки: сборник статей международной научно-практической конференции: в 3 частях. Пермь: ООО «Аэтерна», 2017. С. 242.

26. Comparison of Flood Control Standards for Reservoir Engineering for Different Countries / Ren Minglei [et al.] // Water. 2017. № 9. P. 1–13.
27. Mireyev V. A. Non-morphological Ways of Forming Chemical Terms in the Crimean Tatar Language // Вопросы крымско-татарской филологии, истории и культуры. 2021. № 11. P. 15–17.
28. Mireyev V. A. Calquing as a Productive Way of Forming Chemical Terms in the Crimean Tatar Language // Вопросы крымско-татарской филологии, истории и культуры. 2020. № 10. P. 5–8.
29. Pllana G., Pllana S. Overview of terms from mathematics, physics and geometry as a special sub-field of theoretical mechanics // Russian linguistic Bulletin. 2020. № 1 (21). P. 119–123.
30. Pllana G., Pllana S., Breznica P. A. Overview of the development of language terminology and technical terminology in the Albanian language // Russian linguistic Bulletin. 2020. № 2(22). P. 181–184.

Информация об авторах

Слабунов Владимир Викторович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), тел. +7 (989) 626-24-95; ORCID: 0000-0003-0150-5193; e-mail: slabunovvv@mail.ru.

Кириленко Андрей Андреевич, младший научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), тел. +7 (928) 133-78-65; ORCID: 0000-0003-2868-3774; e-mail: andreykirilenko96@mail.ru.

Воеводин Олег Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), тел. +7 (951) 538-68-45; ORCID: 0000-0003-1098-2979.

Кожанов Антон Леонидович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), тел. +7 (918) 533-82-49; ORCID: 0000-0002-4240-1967; e-mail: antonkozhanov1983@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-63

SCIENTIFIC CONCEPTS OF CREATING NATURE-LIKE TECHNICAL SYSTEMS IN THE RECLAMATION INDUSTRY

E. D. Khetsuriani, S. M. Vasiliev

Federal State Budget Scientific Institution

«Russian Research Institute for Land Reclamation Problems», Novocherkassk

Received 21.03.2022

Submitted 25.05.2022

Abstract

Introduction. The article presents information on the relevance of the development of nature-like technical systems, formulates the conceptual aspects of the creation on the basis of system analysis and synthesis of the processes of interaction between a technogenic component and the natural environment. In the development of the class of natural-technical systems «Natural system - Object of activity – Population», the conceptual foundations of the methodology for creating nature-like technical systems «Water object - Water intake facilities - Reclamation system» have been developed. **Materials and methods.** The paper analyzes the results of research on the development of a scientific concept for the creation of nature-like technical systems for reclamation water intakes. The system analysis of concepts in the functioning of the central technogenic component of the ameliorative system at the stage of its research, construction, organization and operation as part of a specialized type of nature-like technical systems is considered. **Results and conclusions.** Based on the results of a system analysis and a systematic approach, the foundations of the methodology for creating a specialized type of natural and technical systems «Water object - Water intake structure - Ameliorative system» were developed and generalized principles of physical modeling of the structural elements of a water intake structure were formulated. To assess the functional work and the state of the considered water intake structures of the reclamation system, the main stages of the concept of creating a specialized type of

natural and technical systems "Water object - Water intake structure - Reclamation system" are formulated and a structural diagram of the functioning of the natural and technical system «Water object - Water intake structure - Reclamation system» is developed.

Keywords: *reclamation systems, basin geosystem, water intake structures, natural water body, object of activity, system integrity, nature-like technical systems.*

Citation. Khetsuriani E. D., Vasiliev S.M. Scientific concepts of creating nature-like technical systems in the reclamation industry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 526-536 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-63.

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

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

УДК 502.2

НАУЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В МЕЛИОРАТИВНОЙ ОТРАСЛИ

Е.Д. Хецуриани, кандидат технических наук, доцент

С.М. Васильев, доктор технических наук, профессор

ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 21.03.2022

Дата принятия к печати 25.05.2022

Актуальность. Представлена информация по актуальности разработки природоподобных технических систем, сформулированы концептуальные аспекты создания на основе системного анализа и синтеза процессов взаимодействия техногенного компонента с природной средой. В развитии класса природно-технических систем «Природная система – Объект деятельности – Население» (ПТС «ПС – ОД – Н») разработаны концептуальные основы методологии создания природоподобных технических систем «Водный объект – Водозаборные сооружения – Мелиоративная система». **Материалы и методы.** В работе проанализированы результаты исследований по разработке научной концепции создания природоподобных технических систем для мелиоративных водозаборов. Рассмотрен системный анализ понятий в функционировании центрального техногенного компонента мелиоративной системы на стадии его исследования, строительства, организации и эксплуатации в составе специализируемого типа природоподобных технических систем (ППТС). **Результаты и выводы.** По результатам системного анализа и системного подхода разработаны основы методологии создания специализируемого типа ПТС «Водный объект (ВО) – Водозаборное сооружение (ВС) – Мелиоративная система (МС)» и сформулированы обобщенные принципы физического моделирования конструктивных элементов водозаборного сооружения. Для оценки функциональной работы и состояния рассматриваемых водозаборных сооружений мелиоративной системы сформулированы основные этапы концепции создания специализируемого типа ПТС «ВО – ВС – МС» и разработана структурная схема функционирования природно-технической системы «ВО – ВС – МС».

Ключевые слова: *мелиоративные системы, бассейновая геосистема, водозаборные сооружения, природный водный объект, объект деятельности, системная целостность, природоподобные технические системы.*

Цитирование. Хецуриани Е.Д., Васильев С.М. Научные концепции создания природоподобных технических систем в мелиоративной отрасли *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 526-536. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-63.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современные тенденции развития многогранных видов хозяйственной деятельности неотъемлемо взаимосвязаны с увеличением объемов использования водных ресурсов, особенно в отрасли мелиорации. Водозабор из поверхностных источников для нужд ирригации, объем которых составляет по России более 40 % от всего водопользования, оказывает значительное влияние на нормальную работу инженерно-мелиоративных систем [5, 1, 4, 6, 7, 9]. На примере бассейна реки Дон пространственная схема природно-технической геосистемы представлена на рисунке 1.

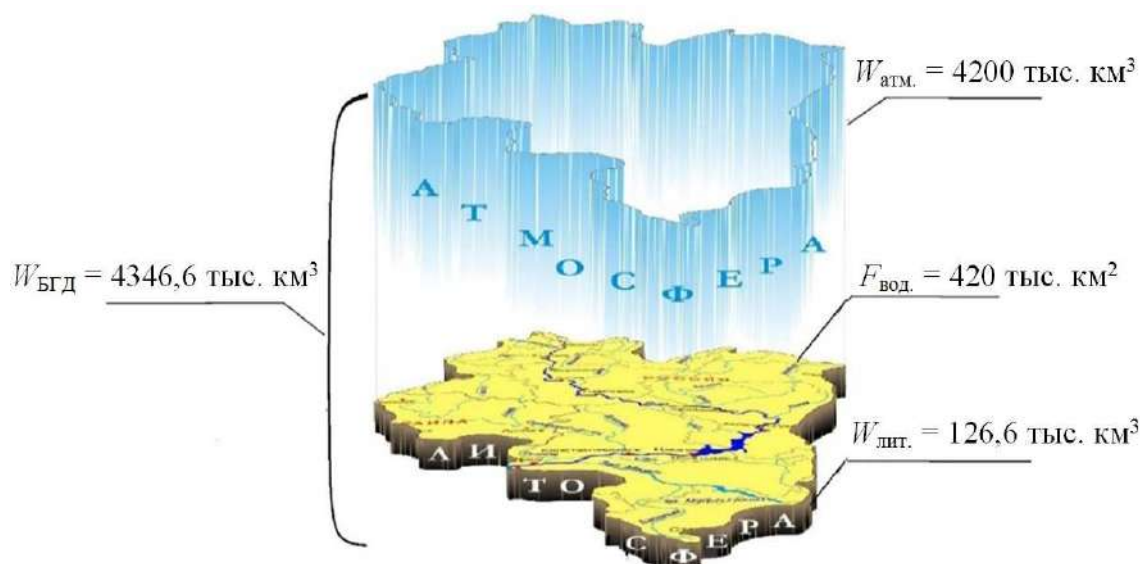


Рисунок 1 – Пространственная схема бассейновой геосистемы р. Дон

Figure 1 – Spatial scheme of the basin geosystem of the Don river

При анализе природно-технической системы необходимо учитывать, что природная среда является важнейшей составляющей в рассматриваемом типе ПТС, так как от ее состояния зависят эксплуатационные характеристики мелиоративной системы, основы растительного и животного миров водного объекта [2, 3, 9, 8, 10].

Направление тенденции функционирования ПТС «Водный объект – Водозаборное сооружение – Мелиоративная система» определяется проводимыми комплексными защитными мероприятиями.

Многолетние исследования воздействия водохранилищ на природу, хозяйство и условия жизни людей показывают, что оно не может быть охарактеризовано однозначно, поскольку многообразно и противоречиво (Авакян, Широков, 1994).

Создание водохранилищ приводит к затоплению многих тысяч гектаров плодородных земель, к переселению сотен и тысяч людей, к переустройству дорог, трубопроводов, линий электропередач и связи. Да и после того как эти водоемы заполнены, в прибрежной полосе начинается подъем уровня грунтовых вод, вызывающий подтопление сельскохозяйственных угодий; а также развитие вторичного гидроморфизма в субаридных и аридных районах, сопровождающегося засолением почв, снижением плодородия земель. Изменения в прибрежной полосе претерпевают почвы, растительность и животный мир. Изменяются также и микроклиматические условия, происходит изменение температурного и ледового режимов рек. Волна, в особенности штормовая, подмывает берега, и десятки, а то и сотни гектаров земель обрушиваются в водоем и перемещаются береговыми течениями. Береговая линия отступает, и, как показали наши исследования, этот процесс не прекращается и после 50 лет со времени создания водоема (Широков, 1985).

Со времени активного строительства водохранилищ в прошлом веке изменилось отношение к ним не только как к способу решения водных проблем, но и как к новому объекту, создаваемому в природной среде. Так, если в 30–40-х годах проектировщики и «заказчики» интересовались только ложем будущего водохранилища и узкой приурезанной полосой берега, в 50-х годах во внимание стала приниматься уже широкая прибрежная полоса – зона переработки берега. В настоящее время при проектировании водохранилищ разрабатываются также вопросы, связанные с задачей наиболее полного использования ресурсов окружающей территории, с развитием хозяйства и инфраструктуры в зоне влияния новых водоемов, сохранения или компенсации ущерба, наносимого природной среде (Емельянов, 1994).

Одна из важных задач современной науки по изучению водохранилищ как феномена XX века и последствий их создания к настоящему времени может считаться завершенной. За относительно непродолжительное время их функционирования, начиная с середины прошлого века, накоплен обширный объем информации по вопросу воздействия на окружающую среду. На данном этапе актуальной следует считать задачу по разработке универсальных методов и методик оценки гидрогенной трансформации ландшафтов и экосистем побережий водохранилищ. Эта задача актуальна как в связи с решением теоретических вопросов взаимодействия вод суши с окружающей средой, так и из-за необходимости решения важных практических задач по прогнозу и оценке влияния на прилегающие территории существующего или создаваемого водохранилища, необходимости научного обоснования рационального использования их ресурсов и повышения водоохраных функций побережий.

Материалы и методы. Методология исследований базируется на использовании системного подхода, экономико-математических методов, имитационного моделирования на персональных ЭВМ, теории надежности технических систем, экспертных оценок, автоматизированных баз данных и методики натурных гидравлично-биологических исследований. В работе использованы эмпирические и теоретические методы исследования. Информационно-эмпирическую базу исследования составляли официальные данные федеральных, региональных и Нижне-Донского бассейновых управлений, а также материалы о развитии и использовании водных ресурсов в мелиоративных системах. В исследовании использовались действующие мелиоративные водозаборные сооружения в пределах бассейна геосистемы реки Кубань, объем приземных слоев атмосферы, где формируются осадки, объем верхних слоев литосферы, где формируются подземный сток, в качестве методов исследования процесса взаимодействия водозаборных сооружений с водным объектом и мелиоративной системой в зонах влияния водозабора, в составе которых используются маршрутные инженерно-экологические исследования [5, 3, 9, 10].

Результаты и обсуждение. Действующие водозаборные комплексы как техногенный компонент и система жизнеобеспечения населения как социальный компонент в системном рассмотрении могут быть представлены в составе существующей природно-технической системы (ПТС) по использованию водных ресурсов «Природная среда – Объект деятельности – Население». Для обеспечения экологической безопасности, касающейся мелиоративных водозаборов, необходимо создание специализируемого типа природоподобных природно-технических систем [3, 9, 8, 10], в которых под компонентом «Природная среда» рассматривается «Водный объект», под «Объектом деятельности» – «Водозаборные сооружения», а под социальным компонентом «Население» – «Мелиоративная система» (ППТС «ВО – ВС – МС»).

ППТС «ВО – ВС – МС» как новые технологии использования водных ресурсов основываются на возможности манипулирования процессами взаимосвязи и взаимодействий между водным объектом в роли природного компонента и мелиоративной системой в роли

техногенного компонента через водозаборные сооружения, с целью формирования единства функциональных действий водозаборных сооружений с действиями естественных процессов жизнедеятельности биоты во взаимодействии с абиотическими факторами в водном объекте, с целью удовлетворения потребности конечного потребителя – мелиоративной системы в жизненно необходимом количестве и качестве водных ресурсов в настоящем и будущем времени, с учетом сохранения рыбных запасов.

Несовершенство технологий водопользования и водопотребления от процессов регулирования стока, отбора из водоисточника расчетных расходов, транспортировки и использования водопользователем и водопотребителем в значительной степени обусловливается нерациональностью и неэффективностью в виде значительных удельных затрат воды на единицу продукции [7, 2, 3].

В изучении взаимодействия между природными и техногенными компонентами важным является методология оценки экологического состояния (ЭС) окружающей среды водного объекта в пределах бассейновой геосистемы, в которой предусматривается комплексное изучение действующих природных факторов в формировании ЭС водного объекта как доминирующих в составе ППТС «ВО – ВС – МС», так это отмечается в работах профессоров В. Л. Бондаренко, В. В. Приваленко. Следовательно, экологическое состояние в зонах влияния как водозаборных сооружений, так и бассейновой геосистемы в целом, определяет собой все процессы функциональной работы мелиоративной системы, является главным фактором плодородия почвы и, соответственно, показателем урожайности продукции, который требует определенного управления.

К основным природным факторам формирования экологического состояния в пределах бассейновой геосистемы и зон влияния водозаборных сооружений Невинномысского оросительного канала следует отнести: климат, геоморфологические особенности, полезные ископаемые, гидрографическую сеть, подземные воды и их защищенность от загрязнения, экзогенные геологические процессы в зонах влияния водозаборных сооружений, почвенный покров в зонах влияния водозабора, растительный и животный мир, особо охраняемые локальные территории, элементарные ландшафты и экологический каркас бассейновой геосистемы в целом, природно-ресурсный потенциал бассейновой геосистемы на момент исследований [3, 9].

На основе результатов исследований установлено, что для данной бассейновой геосистемы важными природными факторами в формировании поверхностного и подземного стока в пределах Верхней Кубани (3000 млн м³/год) являются геоморфологическое и геологическое строение территории и сформировавшаяся гидрографическая речная сеть, насчитывающая более 400 рек и водотоков с общей их длиной 4200 км [5, 4, 7, 3]. Управление процессами формирования и использования водных ресурсов Верхней Кубани осуществляется путем создания ППТС «ВО – ВС – МС», обеспечивающей внутрибассейновое регулирование и перераспределение стока для целей орошения мелиоративных объектов.

Манипулирование процессами взаимосвязи и взаимодействий с водным объектом осуществляется на основе результатов мониторинговых исследований (2012–2019 гг.), которые используются в процессах принятия определенных решений, связанных с эксплуатацией действующих и строящихся новых мелиоративных систем [2, 3, 9].

Возможность управления процессами формирования экологического состояния в пределах зон влияния мелиоративных водозаборов и бассейновой геосистемы в целом определяет собой «природоподобную» технологию использования водных ресурсов, которая на примере Невинномысской оросительной системы основывается на мониторинговых исследованиях [4, 6, 7]. «Природоподобные» технологии в специализируе-

мом типе ППТС «ВО – ВС – МС» позволяют воспринимать окружающую водный объект среду с водозаборным сооружением и с мелиоративной системой как единое целое. Схема взаимосвязи природного и техногенного компонентов в зонах влияния бассейновой геосистемы представлена на рисунке 2.

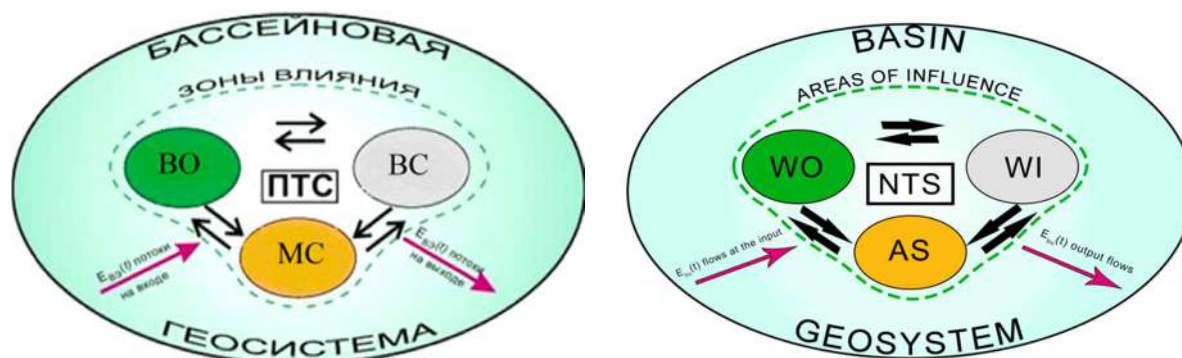


Рисунок 2 – Схема взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношений природного и техногенного компонентов

Figure 2 – Diagram of the relationship, interaction and relationship of natural and man-made components

Экологическое состояние в рассматриваемых пределах зон влияния водозаборных сооружений определяет собой направление вектора жизнедеятельности всех входящих абиотических, биотических и техногенных компонентов, которые находятся во взаимодействии и взаимосвязи. Благоприятная для процессов жизнедеятельности ЭС наступает, когда действия водозаборных сооружений имеют тенденцию приближаться к действиям водного объекта и наблюдается устойчивая тенденция доминирования природных процессов преобразований при функционировании мелиоративной системы. Доминирование природных процессов преобразований в природных средах над действиями мелиоративного водозабора в пределах зон влияния определяется количественно и качественно на основе результатов мониторинговых исследований. На примере проводимых мониторинговых исследований на Невинномысской оросительной системе было установлено, что доминирование природных процессов преобразований в зонах влияния действующего и строящегося объектов мелиоративной системы составило в пределах 98 % [5, 4, 7, 3, 8, 9]. Интегральным показателем подтверждения данных результатов являются результаты многолетних мониторинговых наблюдений за динамикой экологической ситуации в зонах влияния мелиоративного водозабора и зданий насосной станции. На основе сформированных принципов представим предметную область организации и динамики ППТС «ВО – ВС – МС» (рисунок 3).

К предметной области принципов организации и динамики ППТС «ВО – ВС – МС» могут быть отнесены следующие:

1. Функционирование и характер поведения ППТС «ВО – ВС – МС», которые являются следствием взаимодействия компонентов и элементов между собой и окружающей ее средой.
2. Взаимосвязь, взаимодействия и взаимоотношения между природными, техногенными компонентами и окружающей их внешней средой в пределах зон влияния мелиоративных водозаборов.
3. Установленная связь ППТС «ВО – ВС – МС» с ее обобщенной структурой.
4. Два важных обстоятельства, которые касаются объекта и предмета исследования и имеют существенное значение при моделировании, системном анализе:

- во-первых, трудоемкость моделирования и системного исследования ППТС «ВО – ВС – МС»;

- во-вторых, сложность прецизионного прогнозирования имеющихся интегральных показателей ППТС «ВО – ВС – МС».

5. Внутренние и внешние закономерности, устанавливаемые в процессе исследований.

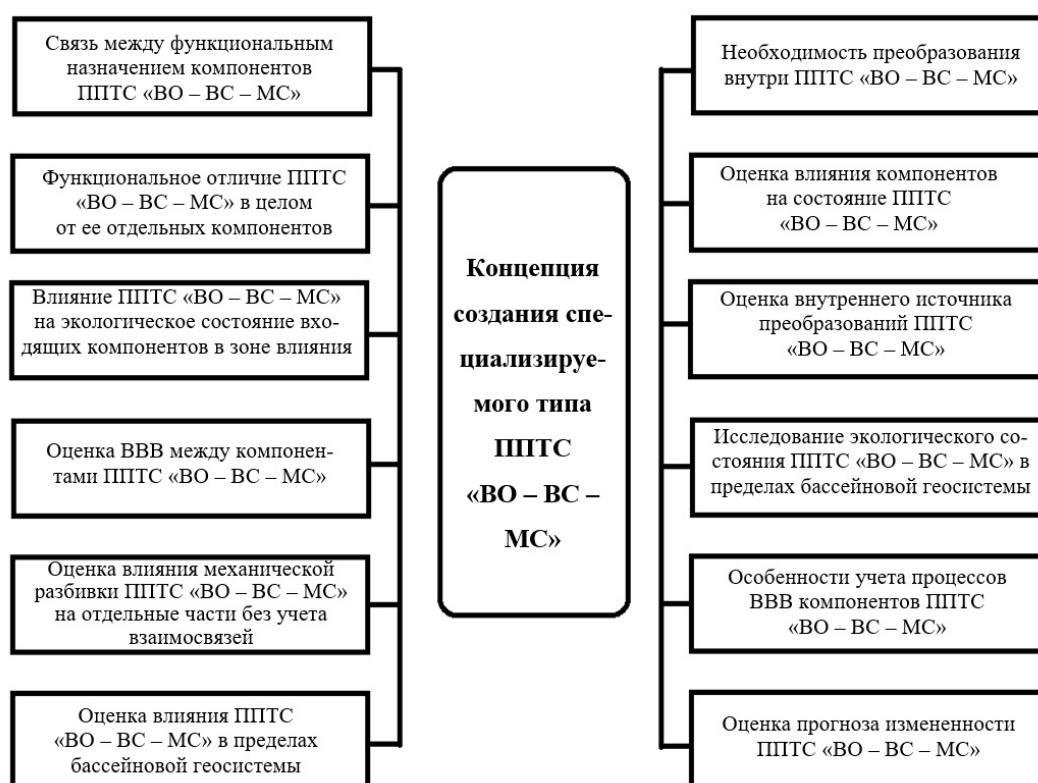


Рисунок 3 – Основопологающие принципы и этапы организации и динамики развития концептуальной модели специализируемого типа ППТС «ВО – ВС – МС»

Figure 3 – The fundamental principles and stages of the organization and dynamics of the development of the conceptual model of the specialized type of PTS "VO – VS – MS"

По результатам анализа мониторинговых исследований, действующих водозаборов мелиоративных систем сформулированы характерные зоны влияния и разработана классификационная их оценка: малоактивные, активные и гиперактивные.

Малоактивная зона влияния – пространственные пределы бассейновой геосистемы нижнего течения реки Дон в границе земной поверхности водосборной территории речной гидрографической сети, где происходят определенные изменения в гидрографы речной сети за счет изменения количественных и качественных показателей водных ресурсов, использующихся в мелиоративных системах. **Активная зона влияния** – границы прибрежных береговых зон, в пределах которых происходят изменения в гидравлическом режиме руслового речного водного потока вверх и вниз по течению от створов расположения береговых водозаборов мелиоративных систем, связанные с переформированием берегов. **Гиперактивная зона влияния** – русловой участок водного объекта, вверх и вниз по течению реки, в пределах которого происходят определенные изменения в процессах жизнедеятельности речной ихтиофауны, которые не должны изыматься из источника оросительной воды при отборе расчетных расходов (Q , м³/с) воды.

Формируемое экологическое состояние как фактор экологической безопасности в зонах влияния водозаборов мелиоративных систем в составе специализируемого типа ППТС обуславливается комплексом защитных мероприятий и разработкой технических устройств защиты мелиоративных систем. Эти мероприятия определяют направление развития достигнутых результатов по обеспечению экологической безопасности водозаборов мелиоративных систем, что в системном рассмотрении представляет собой экологически устойчивое развитие данного вида хозяйственной деятельности. Блок специализированного типа ППТС «ВО – ВС – МС» представлен на рисунке 4.

Основной смысл понятия «модель специализированного типа» подразумевает взаимосвязь между техногенным и природным компонентами, комплексную защиту отбираемой оросительной воды в результате взаимодействия и взаимоотношения между конструктивно-технологическими разработками (КТР-1, КТР-2, КТР-3) и определяет экологически устойчивое функционирование мелиоративной системы в целом.

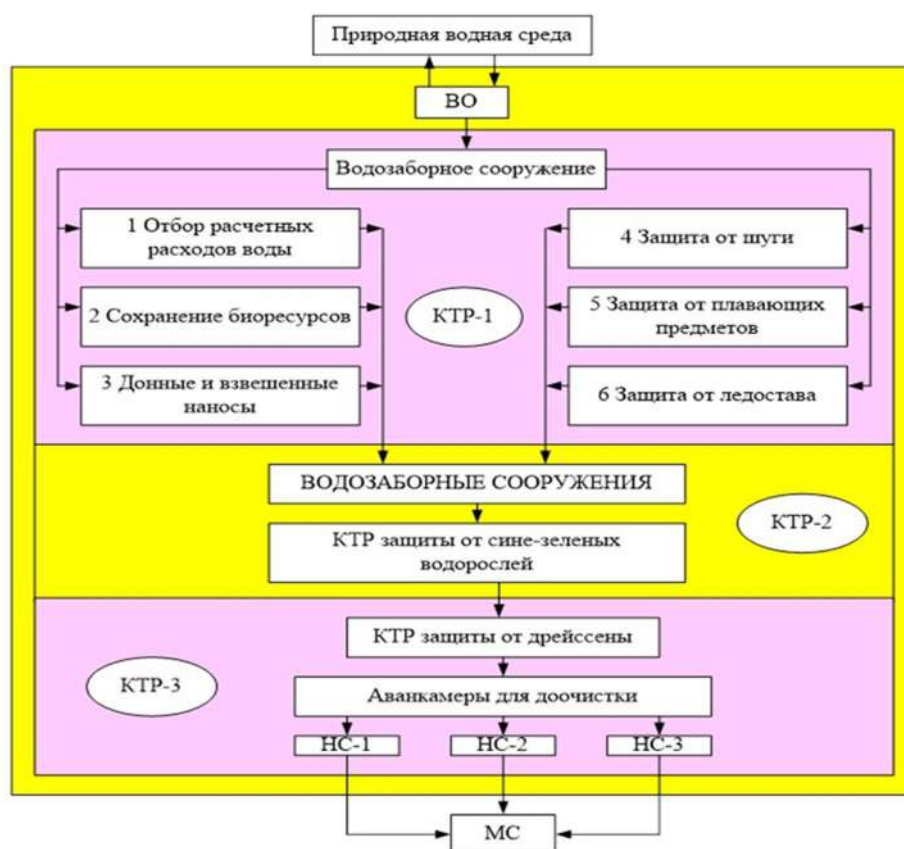


Рисунок 4 - Блок специализированного типа ППТС «ВО – ВС – МС»

Figure 4 – A block of a specialized type of PPTS «VO – VS – MS»

На рисунке 5 представлена структурная схема функционирования ППТС «ВО – ВС – МС». Структурная схема включает три базовых блока: I – блок водоиспользования (водный объект); II – блок очистки воды (водозаборные сооружения); III – блок производства продукции на орошаемых участках (мелиоративная система). В блоке I располагается водоем с определенным запасом загрязненной воды (V_0). Контрольным индикатором является оценка состояния воды (ОСВ). Выходным параметром является объем воды, постоянно подаваемый в блок II на очистку ($V_0 = \text{const}$) для возделывания i -го вида сельскохозяйственной культуры j -й группы.

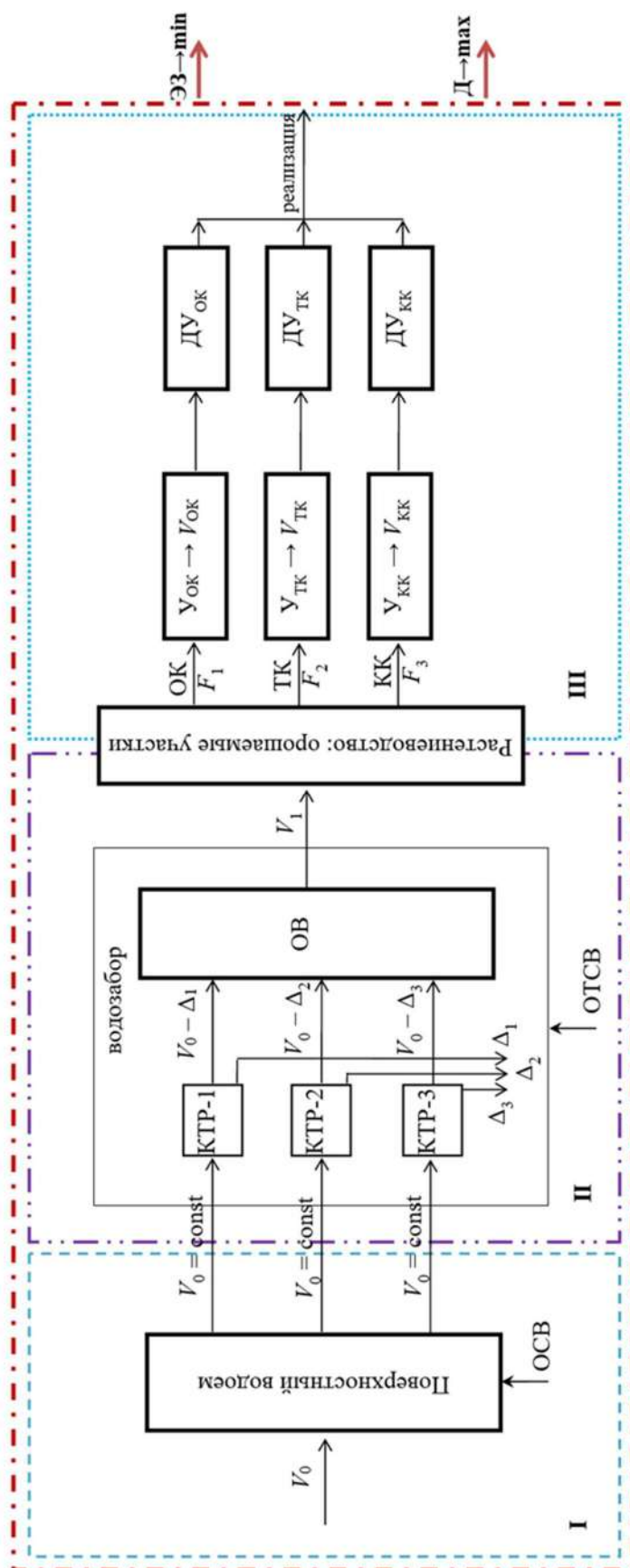


Рисунок 5 – Структурная схема функционирования природно-технической системы «ВО – ВС – МС»

Figure 5 – Structural diagram of the functioning of the natural-technical system "VO – VS – MS"

Блок II включает в себя три совмещенные конструктивно-технологические разработки (КТР). КТР-1 защищает от мусора, льда, шуги и других крупных включений. КТР-2 защищает от проникновения водорослей. КТР-3 предусматривает задержку дрейссены. После очистки вода поступает в водозаборник, объем которой несколько уменьшается в связи с задержкой инородных включений, то есть $V_1 = V_0 - (\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3)$. Выходным параметром блока II является объем очищенной воды (V_1). Контрольным индикатором является оценка технического состояния водозаборника (ОТСВ). Задержанные в процессе очистки воды инородные включения (Δ_1 , Δ_2 и Δ_3) используются после переработки в качестве органического удобрения при выращивании сельскохозяйственных культур.

Согласно схеме блок III включает в себя системы орошения выращиваемых культур: овощных (ОК), технических (ТК), кормовых (КК). Входным параметром является подача заданных объемов очищенной воды (V_1), которая через системы специализированной техники подается на орошаемые площади (F_1 , F_2 и F_3). Урожайность выращиваемых культур (Y_{OK} , Y_{TK} , Y_{KK}) предусматривает получение заданных объемов продукции (V_{OK} , V_{TK} , V_{KK}) и их дополнительные урожаи (DU_{OK} , DU_{TK} , DU_{KK}).

Полученные объемы продукции поступают на переработку и реализацию. Критериями оптимизации рассматриваемой структурной схемы являются: минимум эксплуатационных затрат ($ЭЗ \rightarrow \min$) и максимум получаемого дохода от реализованной продукции ($Д \rightarrow \max$).

Эксплуатационные затраты I блока ($ЭЗ_1$) включают в себя расходы на забор воды, амортизационные отчисления на применяемое технологическое оборудование. Блок II также относится к затратным с позиции реализации процесса очистки воды от инородных примесей. На данном этапе учитываются капитальные затраты на оборудование для очистки, его амортизацию, рассматриваются затраты на материалы и сырье для очистки, энергозатраты процесса очистки.

В блоке III реализуется непосредственно орошение сельскохозяйственных культур, затраты предусматривают расходы на оборудование для орошения, его амортизацию. Наиболее значимая часть затрат приходится на возделывание сельскохозяйственных культур с применением орошения. Однако данный блок располагает доходной частью – это доход от реализации сельскохозяйственных культур, выращенных при применении орошения.

На основе проанализированных причинно-следственных связей блоков функционирования природно-технической системы «ВО – ВС – МС» предлагается экономикоматематическая модель комплаенс-системы доходов и расходов при возделывании сельскохозяйственных культур с применением орошения. Цель разработки модели состоит в обосновании оптимального размера сельскохозяйственных площадей, используемых для возделывания различных культур, который позволит дополнительным доходом от применения орошения окупить затраты на очистку загрязненной воды и на процессы орошения.

Выводы.

1. Представленная в работе информация позволила определить актуальность разработки природоподобных технических систем.
2. Разработаны концептуальные основы создания природоподобных технических систем на основе системного анализа и синтеза процессов взаимодействия природного объекта – водоемистика и техногенного компонента – мелиоративного водозабора
3. На основе результатов многолетних мониторинговых исследований, действующих и строящихся водохозяйственных объектов Северного Кавказа представлена структурная схема функционирования природно-технической системы «ВО – ВС – МС».

Библиографический список

1. Бондаренко В.Л., Дьяченко В.Б. Оценка экологического состояния бассейновой геосистемы в процессах использования водных ресурсов // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 2. – С. 86-92.
2. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2018 г. / Служба природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области. - Астрахань, 2019.
3. Зарубин, В. В. Методы водораспределения в каналах оросительных систем / В. В. Зарубин, А. А. Ткачев // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: сб. тр. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) / Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова. – Новочеркасск, 2017. - С. 229-232
4. Методологические основы развития специализируемого типа природно-технических систем использования водных ресурсов / Е.А. Семёнова, В.Л. Бондаренко, Е.Д. Хецуриани и др. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 2 (79). – С. 63-73.
5. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании водохозяйственного комплекса Зеленчукской ГЭС / В.Л. Бондаренко, В.В. Гутенев, В.В. Приваленко и др. // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – № 1. – С. 46-55.
6. Хецуриани Е.Д., Бондаренко В.Л. Основы методологии создания природно-технических систем по использованию водных ресурсов в многоцелевом водоснабжении городских хозяйств и населенных пунктов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – № 54 (73). – С. 148-155.
7. Хецуриани Е.Д., Бондаренко В.Л., Хецуриани Т.Е. Оценка главенствующей роли системной целостности в обеспечении экологической безопасности в зонах влияния водозаборного технологического комплекса городского хозяйств // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2018. – № 9 (717). – С. 83-90.
8. Assessment of qualitative indicators of drinking water and their influence on human health, as ecological safety factor of population [Electronic resource] / V.L. Bondarenko, E.D. Khetsuriani, A.I. Yliasov et al. // E3S Web of Conferences. – 2019. – Vol. 126. – 00067. – URL: e3sconf_icmtmt2019_00067.pdf (дата обращения 04.04.2022).
9. Development of a decision support system at the stages of pre-project research and design of irrigation systems based on the methodology of functional modeling IDEFo / S. M. Vasiliev, V. Slabunov, O. Voevodin, A. Slabunova // Irrigation and drainage. – 2020. – Vol. 69, Issue 4. - pp. 546-558.
10. Development of protective measures providing environmental safety in areas affected by water-intake constructions of urban households [Electronic resource] / V.L. Bondarenko, E.D. Khetsuriani, A.I. Yliasov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 698. – 077053. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/7/077053/pdf> (дата обращения 04.04.2022).
11. Innovative design solutions to ensure the environmental safety in the existing water intake technological complexes of water systems for urban farms [Электронный ресурс] / E. D. Khetsuriani, V. L. Bondarenko, A. I. Yliasov, E. A. Semenova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 698: International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development", 1–5 October 2019, Kislovodsk, Russian Federation. - № 055040. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055040/pdf>.

Информация об авторах

Хецуриани Елгуджа Демурович, кандидат технических наук, доцент, соискатель ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск, Российская Федерация (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), e-mail: goodga@mail.ru, тел.: +89515097701.

Васильев Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, Российская Федерация (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), e-mail: prof-vasilev-73@mail.ru, тел.: +89281887492.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF SUPPRESSION OF INSECT PESTS
OF GRAIN BY AERATIONI. N. Ammosov¹, V. M. Drincha¹, I. B. Borisenko²¹Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.03.2022

Submitted 26.05.2022

Abstract

Introduction. The article presents the historical prerequisites for aerating grain as a low-cost method that ensures its safety. It is shown that insufficient knowledge about grain and its components limited the development and effective use of grain aeration plants. Grain aeration was widely used in the world only in the 70s – 80s of the 20th century, and is now widely used in all grain-producing countries of the world. Insufficient efficiency of aeration systems is due to incomplete knowledge about the accompanying components of grain materials, for example, insects. But despite these aspects, grain cooling in order to reduce the biological activity of the grain mass and, first of all, harmful insects and mites based on aeration is finding increasing use. The risks of loss of quality of stored grain due to insect activity are given. **The purpose of the article** is to analyze the features of the development of pests of the grain stock, during storage and their suppression during grain cooling by aeration. **Materials and methods.** An analytical method was used to generalize the development of harmful insects in grain materials. Research materials were obtained in the course of long-term experimental studies of the aeration of grain materials of the main agricultural crops in different climatic conditions. To assess the destruction of grains, a standard set of manual sieves was used, as well as a pneumatic classifier of grain materials RPK-30. **Results and conclusions.** The main types of harmful insects in grain and their boundary conditions of reproduction in grain mounds are given. The conditions of the grain mass content inside the granary are analyzed as factors affecting the development of harmful grain insects. The minimum values and optimal critical ranges of temperature and relative humidity for the main insect species in stored grain are given, determining the phases of pest development (egg laying and egg sterility, larval growth and mortality). The conceptual provisions of grain cooling by aerating to suppress harmful insects are presented. The materials of the article can be used in design organizations developing technical means for storing seeds and grain, as well as by operators of machine systems for post-harvest processing and grain storage.

Keywords: Aeration, grain, pests of grain crops, insects, mites, humidity, temperature, dynamics of insect numbers.

Citation. Ammosov I.N., Drincha V.M., Borisenko I.B. Technological aspects of suppression of insect pests of grain by aeration. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 2(66). 537-544 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-64.

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

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

УДК 631.53

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДАВЛЕНИЯ
НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ ЗЕРНА АЭРИРОВАНИЕМ

И. Н. Аммосов, старший преподаватель

В. М. Дринча, доктор технических наук, профессор

И. Б. Борисенко, доктор технических наук

¹Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.03.2022

Дата принятия к печати 26.05.2022

Актуальность. В статье приведены исторические предпосылки аэрирования зерна как малозатратного способа, обеспечивающего его сохранность. Показано, что недостаточные знания о зерне и его компонентах ограничивали разработку и эффективное применение установок

для аэрирования зерна. В мире широкое применение аэрации зерна нашло только в 70-80-х годах 20-го столетия, а в настоящее время широко применяется во всех зернопроизводящих странах мира. Недостаточная эффективность аэрационных систем обусловлена неполными знаниями об сопутствующих компонентах зерновых материалов, например, насекомых. Но, несмотря на данные аспекты, охлаждение зерна с целью уменьшения биологической активности зерновой массы и в первую очередь вредных насекомых и клещей на основе аэрирования находит все большее применение. Приведены риски потерь качества хранящегося зерна из-за активности насекомых. **Целью статьи** является анализ особенностей развития вредителей запаса зерновых культур, при хранении и их подавление при охлаждении зерна аэрированием. **Материалы и методы.** Применялся аналитический метод обобщения развития вредных насекомых в зерновых материалах. Материалы исследований получены в процессе проведения многолетних экспериментальных исследований аэрации зерновых материалов основных с.-х. культур в различных климатических условиях. Для оценки разрушения зерновок применяли стандартный набор ручных решет, а также пневматический классификатор зерновых материалов РПК-30. **Результаты и выводы.** Приведены основные виды вредных насекомых в зерне и их граничные условия размножения в зерновых насыпях. Проанализированы условия содержания хлебной массы внутри зернохранилища как факторы, влияющие на развитие вредных зерновых насекомых. Приведены минимальные значения и оптимальные критические диапазоны температуры и относительной влажности воздуха для основных видов насекомых в хранимом зерне, определяющими фазы развития вредителей (яйцекладка и стерильность яиц, рост личинок и смертность). Представлены концептуальные положения охлаждения зерна аэрированием для подавления вредных насекомых. Материалы статьи могут быть использованы в конструкторских организациях, разрабатывающих технические средства для хранения семян и зерна, а также операторами машинных систем послеуборочной обработки и хранения зерна.

Ключевые слова: аэрация зерна, вредители зерновых культур, насекомые-вредители, клещи, динамика численности насекомых.

Цитирование. Аммосов И. Н., Дринча В. М., Борисенко И. Б. Технологические аспекты подавления насекомых-вредителей зерна аэрированием. *Известия НВ АУК.* 2022. 2(66). 537-544. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-64.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Аэрирование зерна – важнейший технологический процесс послеуборочной обработки и хранения зерна. Под аэрированием понимают интенсивное принудительное продувание наружного воздуха через неподвижную зерновую насыпь. Воздействие воздухом на зерно проводилось с древнейших времен. С этой целью применялись воздушно-солнечная сушка, перелопачивание, пропуск зерна через веялки и другие очистительные машины. Еще при Петре I в России пытались продувать зерно воздухом с помощью кузнечных мехов. По данным Баррелла и Мэри Хайд, во Франции в 1750 г. аэрирование зерна осуществляли мехами от ветряной мельницы [3, 8].

Недостаточная теоретическая разработка сдерживала использование промышленных установок аэрирования зерна. В мире широкое применение в практике сельского хозяйства аэрирование нашло только в 70–80-х годах 20-го столетия. В настоящее время аэрирование широко применяется в странах Западной Европы, Америки, Австралии, т. е. там, где производится много зерна. Изучению вопросов теории и практики применения аэрирования зерна, семян и другой продукции уделялось большое внимание в бывшем СССР [1, 4, 6].

Одной из главных задач аэрирования является охлаждение зерна с целью уменьшения биологической активности зерновой массы и в первую очередь вредных насекомых и клещей.

Практика применения аэрационных систем в сельском хозяйстве, а также в зернопроизводстве для охлаждения зерна показывает ее недостаточную эффективность, которая во многом обусловлена недостаточными знаниями объекта охлаждения, например, насекомых и клещей.

Имеющиеся данные в литературных источниках о вредных зерновых насекомых и клещах являются недостаточно полными и разрозненными, что существенно затрудняет выбор режимов и граничных значений аэрирования зерна [5, 7, 12].

Риски потерь качества хранящегося зерна из-за насекомых и клещей:

- частичное или полное поедание зерна;
- увеличение количества мелкой зерновой примеси, что будет приводить к повышению расхода протравителей и снижению качества протравливания зерна;
- повышение температуры и влажности зерна будет способствовать самосогреванию и развитию плесневых грибов;
- загрязнение зерна экскрементами и личиночными шкурками;
- потеря товарного вида.

Целью статьи является анализ особенностей развития вредителей запаса зерновых культур при хранении и их подавление при охлаждении зерна аэрированием.

Материалы и методы. В качестве основного метода исследований применяли аналитический метод обобщения развития вредных насекомых в зерновых материалах. Материалы исследований получены в процессе проведения многолетних экспериментальных исследований аэрации зерновых материалов основных с.-х. культур в различных климатических условиях.

Для оценки разрушения зерновок применяли стандартный набор ручных решет, а также пневматический классификатор зерновых материалов РПК-30. При этом использовали стандартные методики.

Результаты и обсуждение. Охлаждение зерна является наиболее часто применяемым способом аэрации зерна. Если окружающий воздух достаточно холодный (в осенне-зимний сезон, холодными ночами), введение и перемещение его в зерновой массе постепенно снижает ее температуру. Вследствие чего создается новая среда для всех биологических особей экосистемы зерновой массы.

Свежеубранное зерно часто имеет температуру, благоприятную для развития насекомых. Как правило, насекомые имеют тропическое или субтропическое происхождение, а для их развития требуется довольно высокая температура – 27...34 °С.

Два аспекта размножения насекомых, которые необходимо учитывать в процессе аэрирования зерна, это абсолютные температуры, которые влияют на активность насекомых, и температуры, влияющие на динамику популяции насекомых. Подавление активности насекомых будем рассматривать с учетом этих двух факторов.

Насекомые-вредители хранимого зерна характеризуются экологическими факторами, которые сильно влияют на их динамику и, следовательно, на потенциальную опасность причинения ущерба. Наиболее важными факторами, связанными с климатом, являются температура и влажность, потребность в пище и конкуренция с другими живыми организмами зерна.

Для насекомых, заражающих зерно в поле, климат играет важную роль в определении географического положения и распространения видов насекомых. Однако для насекомых, находящихся в хранящемся зерне, влияние климата ослабляется тем фактом, что «климат» внутри зернохранилища или силоса для хранения зерна может существенно отличаться от наружной среды. Насекомые, не способные выдерживать внешние зимние температуры, в умеренном климате могут выжить и развиваться в относи-

тельно теплых зерновых массах в хранилищах или отапливаемых зданиях предприятий перерабатывающей промышленности даже в относительно прохладном или холодном климате. В целом влияние климата на температуру в хранилище сказывается на видовом составе популяций насекомых в разных регионах мира.

Жуки и чешуекрылые составляют большинство насекомых-вредителей хранимого зерна. Температура окружающей среды и влажность зерна оказывают большое влияние на динамику размножения насекомых. Интенсивность размножения жуков обычно больше зависит от температуры, чем от влажности зерна.

Насекомые хранимого зерна в основном имеют тропическое и субтропическое происхождение и распространяются в умеренных широтах вследствие международной торговли. Поскольку насекомые не могут контролировать температуру своего тела, интенсивность их размножения усиливается с повышением температуры окружающей их среды. Следовательно, большинство из них становится неактивными при низких температурах (от 10 до 15 °C) и погибает после продолжительных периодов при низких температурах от 0 до 5 °C.

Большинство видов насекомых не могут впасть в спячку или вступить в неактивную фазу или диапаузу, некоторые насекомые, такие как огневка амбарная (*Plodia interpunctella*) и кожед зерновой (*Trogoderma granarium*), впадают в спячку.

Для каждого вида насекомых существует минимальная и максимальная температура, при которой они способны развиваться (при определенных низких температурах прекращается яйцекладка и рост личинок, а при определенных высоких температурах происходит стерильность яиц и увеличивается смертность). И наоборот, существует температурный диапазон, при котором яйцекладка и развитие насекомых оптимальны. Нижний и верхний пределы и оптимум температуры большинства важных видов хранимых продуктов изучены и представлены в различных источниках [7, 9, 15].

В таблице 1 приведены минимальные значения и оптимальные критические диапазоны температуры и относительной влажности воздуха для основных видов насекомых в хранимом зерне.

Размножение хрущака малого булавовусого (*Tribolium castaneum*) от яйца до взрослой особи происходит наиболее интенсивно в диапазоне температур от 25 до 27,5 °C. Ниже и выше этой температуры интенсивность его размножения быстро уменьшается.

Смертность насекомых при низких температурах зависит от скорости охлаждения, времени воздействия, температуры и особых свойств размножения. Насекомые лучше акклиматизируются и переносят низкие температуры, если скорость охлаждения зерна в процессе аэрации низкая.

Плодовитость насекомых зависит от их вида, температуры, влажности зерна. В основном жуки живут дольше бабочек и откладывают яйца в течение нескольких месяцев при благоприятных условиях. Плодовитость обычно увеличивается с повышением температуры, влажности окружающей среды и влажности зерна.

В большинстве зернохранилищ без охлаждения зерновой массы в процессе хранения количество насекомых быстро увеличивается, что приводит к снижению качества зернового материала и стоимость такого зерна существенно уменьшается. Таким образом, охлаждение зерна посредством аэрации преследует двоякую цель: понижение температуры зерна ниже предела размножения насекомых и достаточно быстрое охлаждение зерна, чтобы яйцо, снесенное блуждающей самкой насекомого в первый день хранения зерна, не развилось до зрелой особи.

В данном аспекте заслуживает особого внимания широко цитируемая рекомендация Берджес и Баррелл [10], в соответствии с которой зерно в процессе аэрации следует охлаждать до температуры ниже 17 °C, основываясь на том факте, что для долго-

носика амбарного обыкновенного (*Sitophilus granarius*) при этих температурах потребуется более 100 дней для завершения жизненного цикла. Если хранимая масса заселена насекомыми, то рекомендуемая температура охлаждения не должна превышать 5 °С. Сегодня требования к качеству зерна и более длительные периоды хранения диктуют необходимость более быстрого охлаждения.

Таблица 1 – Минимальные и оптимальные температурные условия размножения основных видов вредителей зерна

Table 1 – Minimum and optimal temperature conditions of reproduction of the main types of grain pests

Вид	Минимальная температура, °С	Оптимальный диапазон температур, °С	Минимальное значение относительной влажности, RH, %	Коэффициент размножения в течение месяца при оптимальных условиях
Кожеед зерновой / <i>Trogoderma granarium</i>	24	33-37	1	12.5
Мукоед суринамский / <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	21	31-34	10	50
Огневка амбарная / <i>Plodia interpunctella</i>	18	28-32	40	30
Зерновая огневка / <i>Ephestia cautella</i>	17	28-32	25	50
Хрущак малый мучной / <i>Tribolium confusum</i>	21	30-33	1	60
Хрущак малый булавовусый / <i>Tribolium castaneum</i>	22	32-35	1	70
Бурокрылая ржанка / <i>Rhyzopertha dominica</i>	23	32-35	30	20
Жук табачный / <i>Lasioderma serricorne</i>	22	32-35	30	20
Зерновка бобовая китайская / <i>Callosobruchus chinensis</i>	19	28-32	30	30
Моль ячменная / <i>Sitotroga cerealella</i>	16	26-30	30	50
Моль табачная / <i>Ephestia elutella</i>	10	25-28	30	15
Долгоносик амбарный обыкнов / <i>Sitophilus granarius</i>	15	26-30	50	15
Долгоносик рисовый / <i>Sitophilus oryzae</i>	17	27-31	60	25

Степень, в которой эта цель может быть достигнута с помощью аэрации атмосферным воздухом, зависит в основном от его свойств в период после сбора урожая и выбранной нормы аэрирования. Если охлаждение рассматривать как серию последовательно чередующихся дискретных «фронтов», то первая задача - охладить зерно до температуры ниже 15 °С, чтобы предотвратить размножение насекомых вследствие завершения жизненного цикла. Следующая задача – понижение температуры зерновой массы ниже 10 °С. Это должно предотвратить размножение самых холодоустойчивых насекомых, как правило, долгоносика амбарного обыкновенного (*Sitophilus granarius*), размножение которых занимает 26 дней при оптимальной температуре и 144 дня при 15 °С [13, 14].

Эмпирическое правило аэрации зерна для его охлаждения состоит в следующем: на один объем зерна требуется около 1000 объемов воздуха [11]. Это дает результаты, аналогичные расчетам на основе отношения скорости воздуха над зерновой массой к скорости перемещения охлаждающего фронта [13]. В зависимости от скорости воздушного потока можно определить длительность цикла аэрации, при котором холодный фронт пройдет через зерно.

На основании многолетних исследований, а также анализа ряда работ можно заключить, что минимальный расход воздуха в процессе аэрации для удовлетворительного охлаждения составляет $10 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{т}$.

В более холодном климате аэрация зерна атмосферным воздухом может использоваться не только для предотвращения размножения насекомых, но и для их уничтожения при длительном хранении. Нижний температурный диапазон можно разделить на три периода. В первом температурном диапазоне $0 \dots 5^\circ \text{C}$ насекомые способны поддерживать низкий метаболизм, но не способны восстанавливать накопленные физические повреждения. В диапазоне $-10 \dots 0^\circ \text{C}$ насекомые погибают в течение нескольких дней или недель вследствие неспособности акклиматизироваться к переохлажденной среде. В диапазоне температур $-25 \dots -15^\circ \text{C}$ насекомые гибнут в течение короткого времени вследствие замерзания воды в их теле (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние температуры зерна на выживаемость вредителей запаса зерна

Table 2 – Influence of grain temperature on the survival of grain stock pests

Область	Температура зерна, $^\circ \text{C}$	Последствия
Летальная	50-60	Гибель в течение нескольких минут
	45-50	Гибель в течение нескольких часов
Сверх оптимальная	35	Остановка размножения
	33-35	Замедление размножения
Оптимальная	25-33	Максимальное размножение
Неблагоприятная	13-25	Замедление размножения
	13-20	Остановка размножения
	5-13	Гибель в течение нескольких недель или месяцев
Летальная	0-5	Гибель в течение нескольких недель, остановка перемещения
	$-10 \dots -0$	Гибель в течение нескольких дней или недель
	$-25 \dots -15$	Гибель в течение нескольких минут, насекомые замерзают

Для борьбы с вредными насекомыми в зерновой насыпи рекомендуется применять способ аэрирования промораживанием, при котором в течение некоторого периода зерно в насыпи продувают воздухом с отрицательными температурами. Данный способ можно применять в южных регионах [3], а также в регионах с холодным климатом.

Тепловая обработка в высокотемпературных сушилках, особенно при сушке продовольственного и фуражного зерна, позволяет практически уничтожить насекомых, имеющих в зерне, поступающем с поля.

В последнее время в области защиты растений все более широкое применение находит комплексный подход в борьбе с вредителями и болезнями, так называемый интегрированный метод защиты растений (ИЗР). Сущность данного метода состоит в том, что мероприятия по защите растений включают комбинированные концепции, основанные на анализе большого объема информации с применением биологических и химических способов.

Концепция ИЗР является перспективной в процессах сохранности зерна и требует более широкого понимания специалистами по хранению зерновых материалов.

В основе концепции интегрированной защиты хранимого зерна лежит определение критических значений принятия мер по защите зерна от вредных насекомых, включающих экономически чувствительный уровень и экономический порог вредоносности. Экономически чувствительный уровень определяется плотностью насекомых, при котором меры контроля должны применяться для предотвращения значимого экономического ущерба или экономического порога вредоносности (рисунок 1).

Отбор проб популяций насекомых имеет решающее значение для интегрированных методов защиты зерна (ИЗЗ), потому что без этого менеджер не будет знать, приближается ли численность вредителя к экономическому порогу или превышает его.

В интегрированных подходах защиты зерна следует использовать соотношения риск/выгода для максимизации прибыли и снижения экономических убытков от ущерба вредителей.

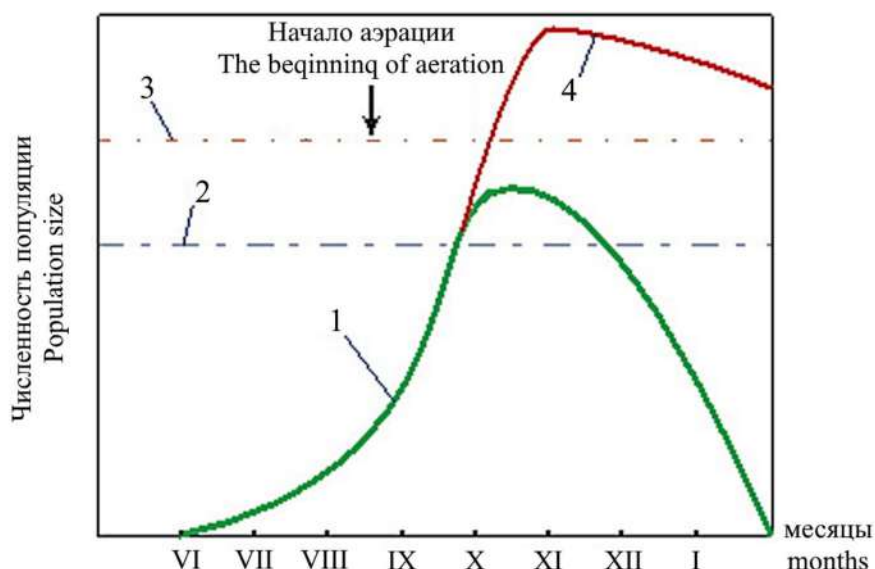


Рисунок 1 – Динамика популяции насекомых в хранимом зерне в процессе его хранения:
1 – при аэрировании; 2 – экономически чувствительный уровень;
3 – экономический порог вредоносности; 4 – без аэрирования

Figure 1 – Dynamics of insect population in stored grain during its storage:
1 – during aeration; 2 – economically sensitive level; 3 – economic threshold of harmfulness;
4 – without aeration

Эффективное применение ИЗЗ основывается на понимании экологии вредных насекомых, оптимального отбора проб насекомых. ИЗЗ предполагает применение различных способов контроля, включая дезинфекцию хранилищ, химическую обработку и аэрацию зерна, которые позволяют исключить или уменьшить применение инсектицидов.

Выводы. В настоящее время аэрация зерна является одним из наиболее эффективных применяемых способов для охлаждения зерновых материалов с целью подавления биологической активности насекомых и уменьшения потерь качества зерна.

При температурах зерна ниже 15 °C обычно приостанавливается развитие всех видов насекомых, что практически предотвращает ущерб от насекомых, находящихся в зерновой массе, несмотря на то, что они являются живыми. Для большинства насекомых устойчивые температуры выше 40 °C и ниже 5 °C смертельны.

Минимальный расход воздуха в процессе аэрации зерна для удовлетворительного его охлаждения составляет 10 м³/ч·т.

Особо перспективным направлением защиты зерна от вредных насекомых является разработка интегрированных методов, основанных на комплексном подходе при выработке решений принятия контрольных мер.

Библиографический список

1. Анискин В. И., Рыбарук В. А. Теория и технология сушки и временной консервации зерна активным вентилированием. М.: ВИМ, 2018, 185 с.
2. Блоховцов В. Д. О некоторых способах обеспечения сохранности зерна в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств края. Ставрополь: Кн. изд-во, 2019, 23 с.
3. Дринча В. М., Цыдендоржиев Б. Д. Основные концептуальные положения активного вентилирования зерна // Труды Орловского ГАУ. 2010. № 2. С. 36-39.
4. Зимин Е. М. Пневмотранспортные установки для вентилирования, транспортирования и сушки зерна. Конструкция, теория и расчет. Кострома, 2000. 215 с.
5. Казанина М. А., Воронкова В. Я., Петровская В. А. Справочник по хранению семян и зерна. Минск: Ураджай, 2021. 200 с.
6. Мельник Б. Е. Активное вентилирование зерна. М.: Колос, 2016. 159 с.
7. Трисвятский Л. А. Хранение зерна. М.: Колос, 2015, 399 с.
8. Цык В. В. Активное вентилирование зерна и семян: Лекция. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. 24 с.
9. Bailey J. E. Whole grain storage, in Storage of Cereal Products. American Association of Cereal Chemists, St. Paul. MN, 2012. P. 53–78.
10. Burges H. D., Burrell N. J. Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and improve keeping quality // J. Sci. Food Agric. 2014. No 15. P. 32–50.
11. Burrell N. J., Laundon J. H. J. Grain cooling studies, I: Observations during a large-scale refrigeration test on damp grain // J. Stored Prod. Res. 2017. No 1. P. 125–144.
12. Fields P. G. The control of stored product insects and mites with extreme temperatures // J. Stored Prod. Res. 2012. No 28(2). P. 89–118.
13. Howe R. W. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored product insects // J. Stored Prod. Res. 2015. No 1. 177–184.
14. Ranjeet Kumar Insect pests of stored grain biology, behavior, and management strategies. Waretown. NJ: Apple Academic Press, 2017. 413 p.
15. The mechanics and physics of modern grain aeration management. Edited by Shlomo Navarro and Ronald Noyes. CRC Press LLC, 2012. 647 p.

Информация об авторах:

Аммосов Иннокентий Николаевич, старший преподаватель кафедры «Технологические системы АПК» ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», e-mail: amminnik@yandex.ru, 677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Сергеляхское ш. 3-й км, д. 3.

Дринча Василий Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологические системы АПК» ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», e-mail: vdrincha@list.ru, 677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Сергеляхское ш. 3-й км, д. 3.

Борисенко Иван Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26.

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Абдрашитов Р. Р. Научно обоснованные параметры агроценоза яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Приуралья Besaliev I.N., Panfilov A.L., Abdrashitov R.R. Scientific-based parameters of spring agrocenosis of soft wheat in arid conditions of the Orenburg Urals	14
Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Земцова И. П., Головатюк О. В. Продуктивность многолетних бобовых трав на орошении Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E.I., Zemtsova I. P., Golovatyuk O. V. Productivity of perennial legumes under irrigation	22
Заремук Р. Ш., Копнина Т. А., Кочубей А. А. Интродукция представителей рода <i>Prunus l.</i> : перспективы их использования в южном садоводстве Zaremuk R.Sh., Kopnina T.A., Kochubey A.A. Introduction of representatives of the genus <i>Prunus L.</i> : prospects for their use in southern gardening	30
Зеленев А. В., Питоня А. А., Питоня В. Н., Смутнев П. А. Параметры продуктивности и адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в Нижегнем Поволжье Zelenev A. V., Pitonya A. A., Pitonya V. N., Smutnev P. A. Productivity and adaptability parameters of winter soft wheat varieties in the Lower Volga region	37
Медведев Г. А., Екатеринбург Н. Г. Влияние регуляторов роста на продуктивность сортов ярового ячменя на светло-каштановых почвах Волгоградской области Medvedev G.A., Yekaterinicheva N.G. The influence of growth regulators on the productivity of spring barley varieties on light chestnut soils of the Volgograd region	46
Москвичев А. Ю., Агапова С. А., Вронская Л. В., Мкртчян В. С. Эффективность различных видов защитных мероприятий против саранчовых в условиях Волгоградской области Moskvichev A. Yu., Agapova S. A., Vronskaya L. V., Mkrtychyan B.S. Effectiveness of various types of protective measures against locusts in the conditions of the Volgograd region	53
Петров В. С., Фисюра А. В., Марморштейн А. А. Биологический метод управления продуктивностью орошаемого винограда сорта «Ливия» Petrov V.S., Fisyura A.V., Marmorshtein A.A. Biological method of productivity management of irrigated grape variety «Livia»	62
Тимошенко Е. С., Руцкая В. И., Яговенко Г. Л. К вопросу о возможности использования люпина в производстве продуктов питания Timoshenko E.S., Rutskaya V.I., Yagovenko G.L. About the possibility of use of «Lupines» in food production	71

Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Применение современных ростостимулирующих препаратов при возделывании капусты белокочанной позднего срока созревания Tutyuma N. V., Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. The use of modern growth-stimulating drugs in the cultivation of white cabbage of late ripening	81
Аксенов М. П., Петров Н. Ю., Лебедь Н. И., Нехорошев Д. Д. Влияние способов предпосевной обработки на развитие подсолнечника в зоне черноземов южных Волгоградской области Aksenov M. P., Petrov N. Yu., Lebed N. I., Nekhoroshev D. D. The Influence of pre-seeding treatment methods on the sunflower development in the zone of southern chernozem of the Volgograd region	87
Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А., Володина С. А. Оценка получения семян томатов в зависимости от сорта Gulin A.V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A., Volodina S.A. Evaluation of obtaining tomato seeds depending on the variety	96
Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Перспективные салатные сорта томата для юга России Kigashpaeva O. P., Gulin A.V. Promising tomato salad varieties for the South of Russia	101
Комаров Е. В., Комарова О. П. Управление энтомокомплексами сельскохозяйственных культур при орошении Komarov E. V., Komarova O. P. Management of entomocomplexes agricultural crops under irrigation	111
Кошкарлова Т. С., Толоконников В. В., Вронская Л. В. Селекционное улучшение сортов сои на короткостебельность Koshkarova T.S., Tolokonnikov V.V., Vronskaya L.V. Breeding improvement of soybean varieties for short stems	118
Неверов А. А. Стимуляция семян нута растворами солей серной кислоты Neverov A.A. Stimulation of chickpea seeds with solutions of salts of sulfuric acid	126
Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Авилова Ю. А., Дерунова С. Н. Создание новых инкухт-линий кукурузы на основе межлинейных популяций по признаку «низкая уборочная влажность зерна» Panfilova O. N., Chugunova E. V., Avilova Yu. A., Derunova S. N. Creation of new instrument «incucht» lines of corn based on interline populations on the basis of low harvesting grain moisture	134
Силова В. А. Геоэкологическая оценка обустройства агроландшафтов Калачевского района Волгоградской области Silova V. A. Geoeological assessment of the arrangement of agrolandscapes in the Kalachevsky district of the Volgograd region	140
Скорыходов В. Ю., Кафтан Ю. В., Митрофанов Д. В., Зоров А. А. Продуктивность полевых культур и плодородие почвы в севооборотах на чернозёмах Южного Урала Skorokhodov V. Yu., Kaftan Yu. V., Mitrofanov D. V., Zorov A. A. Productivity of field crops and soil fertility in cropping room in the chernozem of the Southern Urals	147

Турко С. Ю., Рыбашлыкова Л. П.

Урожайность *Agropyron* в зависимости от погодных условий, сортов и способов посева на юге европейской территории России

Turko S.Yu., Rybashlykova L. P.

The yield of *Agropyron* depending on weather conditions, varieties and methods of sowing in the South of the European territory of Russia 153

Наумова Н. А.

Влияние микробиологических препаратов на продуктивность ярового ячменя в условиях севера Астраханской области

Naumova N.A.

The effect of microbiological preparations on the productivity of spring barley in the conditions of the north of the Astrakhan region 161

Панченко Л. С.

Лишеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма».

Panchenko L. S.

Lichen indication of atmospheric pollution in the «Volga-Akhtuba floodplain» nature park ... 168

Валькова Т. В., ИONOва, Л. П.

Транспирация как составная часть водного режима различных сортов амаранта в засушливой зоне Астраханской области

Valkova T.W., Ionova L.P.

Transpiration as a component part of the water regime of different varieties of amaranth in the dry zone of Astrakhan region 176

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Князева С. А., Церенов И. В., Карпенко Е. В., Воронцова Е. С., Мосолова Н. И.

Особенности минерального состава мяса калмыцких курдючных овец выводимого типа

Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Knyazeva S.A., Cerenov I.V., Karpenko E.V., Vorontsova E.S., Mosolova N.I.

The features of the mineral composition of the meat of the Kalmyk breeds of sheep of «Kurdyuk» type 185

Варакин А. Т., Епифанов В. Г., Зотеев В. С, Симонов Г. А., Санин А. А.

Влияние структуры рациона на резвость кобыл Русской рысистой породы

Varakin A. T., Epifanov V. G., Zoteev V. S., Simonov G. A., Sanin A. A.

Impact of the diet structure on the playback of mares of Russian trotting breed 190

Колосов Ю. А. , Чамурлиев Н. Г., Дегтярь А. С., Смородин Ф. А.

Мясная продуктивность овец различных генотипов

Kolosov Yu.A., Degtyar A.S., Chamurliiev N.G., Smorodin F.A.

Meat productivity of sheep of various genotypes 196

Короткий И. А., Неверов Е. Н., Короткая Е. В., Лапшакова О. Ю.

Методика определения криоскопической температуры для различных плодов и ягод

Korotkiy I. A., Neverov E. N., Korotkaya E. V., Lapshakova O. Yu.

Method for determining cryoscopic temperature for various fruits and berries 202

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*

Mosolova N.I., Chekanova M.A., Gorlov I.F., Tkachenkova N.A., Slozhenkina A.A., Vorontsova E.S.

Experience in milk production when using robotic milking carousel *GEA DairyProQ* 208

Приступа В. Н., Святогоров Н. А., Грицай А. Ю., Святогорова А. Е., Свитенко О. В. Генеалогия и мясная продуктивность бычков Калмыцкой породы новых родственных групп Pristupa V. N., Svyatogorov N. A., Gritsay A. Y., Svyatogorova A. E., Svitenko O. V. Formation of meat productivity in kalmyk bulls of new related groups	220
Ранделин Д. А., Агапова В. Н., Кравченко Ю. В., Агапов С. Ю. Показатели роста и развития радужной форели при скармливании кормовой добавки «Бета-Флора» Randelin D. A., Agapova V. N., Kravchenko Yu. V., Agapov S. Yu. Indicators of growth and development of rainbow trout when feeding the «Beta-Flora» feed additive	230
Симонов Г. А., Степурина М. А., Варакин А. Т., Зотеев В. С., Симонов А. Г., Воронцова Е. С. Биологическая ценность комплексной минеральной добавки для лактирующих коров Simonov G. A., Stepurina M. A., Varakin A. T., Zoteev V. S., Simonov A. G., Vorontsova E. S. Biological value of a complex mineral supplement for lactating cows	238
Чамурлиев Н. Г., Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Романец Т. С. Некоторые биологические характеристики овец различного происхождения Chamurliiev N. G., Kolosov Yu. A., Degtyar A. S., Romanets T. S. Some biological characteristics of sheep of various origins	247
Шевелёва О. М., Свеженина М. А., Суханова С. Ф., Даниленко И. Ю. Экстерьерная характеристика коров Голштинской породы в условиях Северного Зауралья Sheveleva O. M., Svyazenina M. A., Sukhanova S. F., Danilenko I. Y. Exterior characteristics of Holstein cows in the conditions of the Northern Trans-Urals	253
Липова Е. А., Николаев С. И., Брюхно О. Ю., Агапов С. Ю., Рябова М. А. Использование в рационах кормления цыплят-бройлеров белково-витаминно-минерального концентрата. Lipova E. A., Nikolaev S. I., Bryukhno O. Yu., Agapov A. Yu., Ryabova M. A. The use of protein-vitamin-mineral concentrate in the feeding diets of broiler chickens	262
Остапчук П. С. Комбинационная способность межлинейных кроссов в Цигайском овцеводстве Ostapchuk P. S. Tsigai sheep interlinear crosses combining ability	268
Руднева О. Н., Васильев А. А., Кудинов А. В., Руднев М. Ю. Воздействие кормов и воды со скорректированной молекулярной структурой на биохимические показатели сыворотки крови Клариевых сомов Rudneva O. N., Vasiliev A. A., Kudinov A. V., Rudnev M. Yu. The effect of feed and water with an adjusted molecular structure on the biochemical parameters of the blood serum of clary catfish	280
Цис Е. Ю. Физиологическое и метаболическое значение фитобиотиков в кормлении жвачных животных (обзор) Tsis E. Yu. Physiological and metabolic significance of phytobiotics in ruminants (review)	290

Святогорова А. Е., Третьякова О. Л., Гетманцева Л. В., Святогоров Н. А., Клименко А. И. Влияние полиморфизма гена <i>MC4R</i> на откормочные и мясные качества свиней Svyatogorova A. E., Tretyakova O. L., Getmantseva L. V., Svyatogorov N. A., Klimenko A. I. Effect of <i>MC4R</i> gene polymorphism on growth and meat traits of pigs of pigs	298
Власенко А.А., Семененко М. П., Кузьминова Е. В. Сравнительный анализ биофизических свойств костной ткани цыплят-бройлеров при использовании остеотропных соединений Vlasenko A. A., Semenenko M. P., Kuzminova E. V. Comparative analysis of biophysical properties of bone tissue of broiler chickens using osteotropic compounds	306
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ / TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING	
Цепляев В. А. Теоретическое обоснование технологии ухода за посевами бахчевых Tseplyaev V.A. Theoretical substantiation of the technology of care for melon crops	314
Дубенок Н. Н., Новиков А. Е., Константинова Т. Г., Филимонов М. И. Техника и технология щелевания мелиорируемых почв Dubenok N.N., Novikov A.E., Konstantinova T.G., Filimonov M.I. Technique and technology of slotting of reclaimed soils	321
Борисенко И. Б., Скрипкин Д. В., Мезникова М. В., Тимошенко В. В., Элбакян А. Ж. Катковый измельчитель пожнивных остатков высокостебельных сельскохозяйственных культур Borisenko I. B., Skripkin D.V., Meznikova M. V., Timoshenko V. V., Elbakyan A. J. Roller shredder for stubble residues of high-stemmed crops	329
Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Симдянкин А. А., Лимаренко Н. В. Обработка семян в электромагнитном поле сверхвысокой частоты Borychev S.N., Kashirin D.E., Simdyankin A.A., Limarenko N.V. Seed treatment in elec-tromagnetic field of ultrahigh frequency	339
Бочарников В. С., Заичкина М. А., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Способ биологической очистки почвы, загрязненной тяжелыми металлами Bocharnikov V.S., Zaichkina M.A., Denisova M.A. Method for biological soil cleaning con-taminated with heavy metals	347
Кузнецов Е. В., Хасан М., Алматар А. Исследование коэффициента расхода при разных углах водосливных стенок к оси полигональных водосливов Kuznetsov Y.V., Hasan M., Almatar A. Study of the flow coefficient for different angles of weirs walls to the axis of polygonal weirs ...	353
Лебедь Н. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д., Ханин Ю. И., Веселова Н. М. Разработка и обоснование автоматизированной системы управления процессом резания плодоовощных материалов ломтиковым измельчителем Lebed N. I., Gapich D. S., Fomin S.D., Khanin Yu. I., Veselova N. M. Development and justification of an automated control system and software scada-system for the process of cutting fruit and vegetable materials by a slice shredder	364
Несмиянов И. А., Николаев М. Е., Иванов А. Г. Фронтальный погрузчик с расширенными функциональными возможностями Nesmiyanov I. A., Nikolaev M. E., Ivanov A. G. Front loader with advanced functional ca-pabilities	372

Новиков А. Е., Филимонов М. И., Дугин Е. А. Проектирование и компоновка биореактора очистки бытовых сточных вод Novikov A.E., Filimonov M.I., Dugin E.A. Design and layout of a bioreactor for domestic wastewater treatment	379
Семененко С. Я. Техногенная оптимизация поверхностного стока в орошаемом земледелии Semenenko S.Y. Technogenic optimization of surface runoff in irrigated agriculture	388
Успенский И.А., Юхин И.А., Мачнев А.В., Эвиев В.А., Фомин С.Д., Голиков А.А. Определение оптимальной транспортной скорости груженого тракторного прицепа 2ПТС-4. Uspensky I.A., Yukhin I.A., Machnev A.V., Eviev V.A., Fomin S.D., Golikov A.A. Deter-mination of the optimal transport speed of a loaded tractor trailer 2PTS-4	396
Федорова О. А., Текушев А. Х., Чаплыгин М. Е., Давыдова С. А. Технологии и технические средства для поверхностного улучшения кормовых угодий Fedorova O.A., Tekushev A. Kh., Chaplygin M. E., Davydova S. A. Technologies and technical means for simplified improvement of forage lands	404
Юрченко И. Ф. Цели и задачи трансформации сферы мелиоративной деятельности на основе цифровизации Yurchenko I.F. Goals and objectives of the transformation of the sphere of land reclamation based on digitalization	414
Юхин И. А., Успенский И. А., Эвиев В. А., Голиков А. А. Обзор навесных перегрузочных устройств кузовов транспортных средств для бережной разгрузки картофеля. Yukhin I. A., Uspensky I. A., Eviev V. A., Golikov A. A. Overview of mounted reloading de-vices of vehicle bodies for careful unloading of potatoes	422
Цепляев В. А., Магомедов А. М. Условия размещения пят сошника на разработанной секции сеялки при посеве семян сои и бахчевых культур Tseplyaev V.A., Magomedov A.M. Conditions for placing the heels of the coulter on the developed section of the seeder for sowing seeds of soybeans and elon	430
Богданов С. И., Дарманиян А. П., Маркин М. А. Исследование и математическое моделирование кинетики сушки зерна озимой пшеницы Bogdanov S.I., Darmanyan A.P., Markin M.A. Research and mathematical modeling of the kinetics of drying winter wheat grain	439
Васильева Е. В., Яковенко Е. А., Чибинёв Н. Н., Федоров В.М. Пути решения проблемы комплексного повышения электробезопасности в сельскохозяйственном производстве Vasilyeva E. V., Yakovenko E. A., Chibinev N. N., Fedorov V.M. Ways to solve the problem of complex improvement of electrical safety in agricultural production	448

Даус Ю. В., Харченко В. В., Юдаев И. В. Анализ уровня утилизации ресурса солнечной энергии фотоэлектрической системой, размещенной на ограждающих конструкциях здания Daus Yu.V., Kharchenko V.V., Yudaev I.V. Analysis of the level of utilization of the solar energy resource by a photovoltaic system located on the building envelope	456
Добринов А. В., Джаббаров Н. И., Чугунов С. В. Сравнительная оценка эффективности рабочих органов для обработки почвы и уничтожения сорных растений Dobrinov A.V., Dzhabbarov N.I., Chugunov S.V. Comparative assessment of the efficiency of working parts for soil treatment and destruction of weeds.....	465
Евдокимов А. П., Евдокимов Р. А., Черняев А. А. Исследование изменения уровня кислотности воды в установках замкнутого водоснабжения Evdokimov A.P., Evdokimov R.A., Cherniaev A.A. Research of changes in the level of water acidity in recirculating aquaculture system	480
Козинская О. В., Бочарников В. С., Кальянов А. Л., Киселева Р. З. Определение эксплуатационно-гидротехнических характеристик мелиоративных систем при использовании дождевальной машины «ДОН-К». Kozinskaya O. V., Bocharnikov V. S., Kalyanov A. L., Kiseleva R. Z. Determination of the operating and hydrotechnical characteristics of reclaim systems when using the «DON-K» irrigation machine.....	490
Лытов М. Н. Компоненты экологической модели повторно осваиваемых мелиорированных земель юга России Lytov M.N. Components of the ecological model of the re-developed reclaimed lands in the South of Russia	498
Руденко В. Н., Ряднов А. И., Беспалова О. Н., Воронов В. П. Формирование страхового фонда запасных частей сельскохозяйственного предприятия на основе данных ресурсоснабжающей организации Rudenko W.N., Raydnov A.I., Bespalova O.N., Voronov V.P. Formation of the insurance fund of spare parts agricultural enterprises based on data resource-supplying organization	507
Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В., Кожанов А. Л. Разработка терминологической системы в области понятий мелиоративных гидротехнических сооружений Slabunov V. V., Kirilenko A. A., Voevodin O. V., Kozhanov A. L. Development of a termi-nological system in the field of concepts of reclaim hydro-engineering structures	516
Хецуриани Е. Д., Васильев С. М. Научные концепции создания природоподобных технических систем в мелиоративной отрасли Khetsuriani E. D., Vasiliev S.M. Scientific concepts of creating nature-like technical systems in the reclamation industry	526
Аммосов И. Н., Дринча В. М., Борисенко И. Б. Технологические аспекты подавления насекомых-вредителей зерна аэрированием Ammosov I.N., Drincha V.M., Borisenko I.B. Technological aspects of suppression of insect pests of grain by aeration	537
СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS	545

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2022

**Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности,
объективности и беспристрастности**

Содержание статьи должно соответствовать одному из следующих отраслей науки и групп специальностей:

Технические науки Сельскохозяйственные науки

- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
- 06.01.00 Агрономия
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

1. 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 заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).

2. Проверка ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, 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.

3. 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 двухстороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

4. 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.

5. 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.

6. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для корректуры и редактирования англоязычной части статьи, который осуществляется два дня.

7. 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 редакционно-издательский центр в печатном виде (на листах формата А4) в 2-х экземплярах с приложением электронной версии (в формате Word Windows), полностью совпадающим с бумажным вариантом. 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 – Times New Roman, размер шрифта 12. 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).

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова.

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.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **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 согласно Национальному стандарту на библиографическое описание – **ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»**, ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 "Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления" с указанием обязательных сведений библиографического описания.

RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION OF SCIENTIFIC ARTICLES 2022

The editorial staff of the journal in its activities is guided by the principles of science, objectivity and impartiality

The content of the article should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

Technical sciences Agricultural sciences

☐ 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

☐ 06.01.00 Agronomy

☐ 06.02.00 Veterinary and Zootechnics

1. 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).

2. 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.

3. 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 to publish within three days, the manuscript of the article is submitted to a professional translator for proofreading and editing the English part of the article, which takes two days.

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 - Times New Roman, font size 12. 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.

The recommended volume of the article (together with the translation of the abstract and bibliography) 10-12 pp.

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographic references to the list of references should be made out with an indication in a line of text in square brackets of a digital serial number. In the case of a link to an exact quote - it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text; it should be made out in accordance with the National Standard for Bibliographic Description - GOST R 7.0.100–2018 "Bibliographic Record. Bibliographic description. General requirements and compilation rules", GOST R 7.0.5. - 2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules for compilation" indicating mandatory information bibliographic description.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 2 (66), 2022

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 2 (66), 2022**

Ответственный редактор – *Т. В. Черкашина*

Технический редактор – *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка – *А. В. Харлашин*

Перевод – *Е. А. Сидорова*

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 4 раза в год

Подписной индекс ПИ573

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru

Дата выхода 06.07.2022.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 292.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 2 (66), 2022**

Executive editor – *T. V. Tcherkashina*

Technical editor – *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing – *A. V. Kharlashin*

Translation – *E. A. Sidorova*

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 4 times a year.

Subscription Index ПИ573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email izvestiya-volgau@mail.ru

Release Date 06.07.2022.

Edition 1000 (first factory 100). Order 292.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price