

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 4 (68), 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

№ 4 (68), 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

№ 4 (68), 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

№ 4 (68), 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

№ 4 (68), 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

№ 4 (68), 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 (ФНИЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsb.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtml>

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>

**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

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

Рулев 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, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

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

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

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

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономических наук, профессор экономики сельского хозяйства и кооперативов, заведующий кафедрой экономики сельского хозяйства и рынка Белградского университета, председатель Общества агроэкономистов Сербии (Сербия)
<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->

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

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, Chief Researcher, VNIIOZ

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

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

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

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

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

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

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

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

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

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

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, РГАУ-МСХА

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

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

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

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

06.01.00 Agronomy

06.01.01 General agriculture, crop production

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

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

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

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

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

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

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

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

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

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

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

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, ФНИЦ 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, 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

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

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

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, 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

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

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

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

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

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

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

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

06.01.06 Луговоеводство и лекарственные эфирно-масличные культуры

Тютюма Н.В., **член-корреспондент РАН, профессор РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

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

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

06.01.07 Защита растений

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

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

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

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

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

06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants

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

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

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

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

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

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

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

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

06.01.07 Plant Protection

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)

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

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

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

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

06.01.08 Плодоводство, виноградарство

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

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

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

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

06.01.09 Овощеводство

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

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

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

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

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

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

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

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

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

06.01.08 Fruit growing, viticulture

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

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

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

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

06.01.09 Vegetable-growing

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

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

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

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

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)

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

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

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

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

06.02.05 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

06.02.06 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

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

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 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 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

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

**06.02.07 Разведение, селекция и генетика
сельскохозяйственных животных**

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

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

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

**06.02.08 Кормопроизводство, кормление
сельскохозяйственных животных и техно-
логия кормов**

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

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

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

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

**06.02.10 Частная зоотехния, технология
производства продуктов животноводства**

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

**06.02.07 Breeding, selection and genetics of
farm animals**

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

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

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

**06.02.08 Feed production, feeding of farm
animals and feed technology**

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

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

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

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

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

**06.02.10 Private animal husbandry, pro-
duction technology of livestock products**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Randelin D. A., Doctor of Biological 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

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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: 10.32786/2071-9485-2022-04-01

TECHNOLOGICAL IRRIGATION SYSTEM FOR SOILLESS VEGETABLE GROWING IN OPEN GROUND

N. N. Dubenok¹, A. V. Mayer²

¹*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy*

²*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov»*

Received 23.06.2022

Submitted 31.08.2022

Summary

This article is aimed at analytics and the creation of new reclamation irrigation systems for growing vegetable products. Scientific novelty is determined in the solution of the proposed irrigation system for soilless cultivation of vegetables in the open field.

Abstract

Introduction. An important role in the need for vegetable production by the population today belongs to the greenhouse sector, which produces vegetables in the off-season. Currently, the cultivation of vegetable products in greenhouses of tomatoes and cucumbers is also carried out in the spring and summer periods of vegetation of these crops, which we observe in domestic agricultural markets. The vegetation period for early production of cucumbers ranges from 1 to 1.5 months, for early ripening tomatoes from 2.5 months. **Object.** Based on the existing technology for growing vegetables in greenhouses, we decided to offer a technical solution for the soilless cultivation of vegetable products in the open field. For this, an experiment was set up on the cultivation of cucumber on the developed mini system of soilless irrigation. **Materials and methods.** The experimental system of soilless irrigation is a structural element consisting of a tank for irrigation water and dissolving filtered nutrients in it, and tanks for enriching irrigation water with the necessary physiological elements. The experimental system also includes the installation of a pipeline network with a diameter of up to 100 mm, with perforation of seats for pots with mineral wool and a place to install a submersible pump. Temperature and water volume control sensors, shut-off valves. **Results and conclusions.** The article presents a conditional scheme of the system of soilless cultivation of vegetable products, preparation and planting of seedlings. The use of such a system is possible on degraded and stony lands. It is important to develop the proposed system of soilless irrigation of vegetables in small farms and summer cottages, where soil use is not suitable for growing vegetables.

Key words: development, soilless irrigation system, open ground, installation, nutrient solution, activated solutions, planting pipelines.

Citation. Dubenok N.N., Mayer A.V. Technological irrigation system for soilless vegetable growing in open ground. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 14-21 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-01.

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

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

УДК 671.674

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОРОШЕНИЯ БЕСПОЧВЕННОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

Н. Н. Дубенок¹, академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

А. В. Майер², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 23.06.2022

Дата принятия к печати 31.08.2022

Актуальность. Немаловажная роль в обеспечении потребности населения в овощной продукции на сегодняшний день принадлежит тепличному хозяйству, которое выращивает овощи в несезонное время. В настоящее время возделывание овощной продукции в теплицах (томатов и огурцов) производится и в весенний-летний периоды вегетации данных культур, что мы и наблюдаем на внутренних сельскохозяйственных рынках. Срок вегетации ранней продукции огурцов колеблется от 1 до 1,5 месяцев, скороспелых томатов – от 2,5 месяцев. **Объект исследования.** На базе существующей технологии выращивания овощных культур в тепличных хозяйствах мы предлагаем технологию беспочвенного возделывания овощной продукции на открытом грунте. Для этого была разработана экспериментальная система возделывания овощных культур в полимерных пластмассовых трубах среднего диаметра, до 120 мм. Поставлен эксперимент по возделыванию огурца на разработанной минисистеме беспочвенного орошения. **Материалы и методы.** Экспериментальная система беспочвенного орошения представляет собой конструктивные элементы, состоящие из емкости для поливной воды и растворенных в ней жидких или отфильтрованных питательных элементов и малых емкостей для обогащения оросительной воды кислородом и углекислым газом. В экспериментальную систему также входит трубопроводная сеть с перфорацией для посадочных мест (горшков) с минеральной ватой и колодец для установки глубинного малого насоса, датчики контроля температуры и объема воды, запорная арматура. **Результаты и выводы.** В статье представлена условная схема системы беспочвенного возделывания овощной продукции, подготовки и высадки рассады. Использование такой системы возможно на почвах с близким залеганием грунтовых вод, непригодных для полива овощных культур, на деградированных и каменистых землях. В настоящее время актуально эксплуатировать предложенную систему беспочвенного орошения овощей в небольших фермерских хозяйствах и на дачных участках, а также при оформлении ландшафтного дизайна.

Ключевые слова: беспочвенные системы орошения, открытый грунт, оросительные системы, питательные растворы, активированные растворы

Цитирование. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Технологическая система орошения беспочвенного возделывания овощных культур в открытом грунте. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 14-21. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-01.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных условиях Волгоградской области, где преобладают частые засухи и суховеи, все большее распространение получают укрывные теплицы пленочного и застекленного типа [2, 7, 9, 10]. Теплицы такого типа устанавливаются на

любых почвах (имеются в виду даже почвы, непригодные для сельскохозяйственного производства (засоленные, солончаковые, деградированные и т.д.). Для развития овощной продукции, возделываемой в теплицах, в современных агроэкологических условиях перспективно строительство пленочных теплиц. Такие сооружения на порядок дешевле по стоимости и потребляют гораздо меньше энергии, они способны обеспечивать гарантированные урожаи. В вопросах разработки и применения новых технологий возделывания овощей в открытом и закрытом грунте необходим не только экспериментальный опыт, но и творческий, ответственный подход, учет более полного использования имеющихся природных и технических ресурсов, биологического потенциала продуктивности сортов и гибридов, с необходимым качественным совершенствованием технологии выращивания огурцов, томатов и сладкого перца. В овощеводстве существует богатый опыт по использованию различных технологий производства огуречной продукции. Выращивание огурцов, как и других овощей, требует большого внимания и основательного подхода. Снизить расходы и сократить трудозатраты помогут правильно подобранные сорта или гибриды, адаптированная технология выращивания и тщательная подготовка к предстоящему возделыванию овощной продукции. В современной России производство овощей в закрытом грунте начиная с 2000 гг. получило новый импульс интенсивного развития (огуречная, томатная и зеленая продукции (салаты, редис, лук перо, руккола и т.д.). В настоящее время необходимо качественное совершенствование технологий выращивания овощных культур с учетом более полного использования имеющихся природных и ландшафтных ресурсов, биологически пригодной и даже деградированной почвы, т.е. всего биологического почвенного ресурса [8, 11, 12].

Целью исследований являлось обоснование и разработка экспериментальных технологических элементов оросительной системы, технологии орошения и питания огурцов с использованием полимерных пластмассовых посадочных трубопроводов диаметром до 120 мм в открытом грунте, обеспечивающих наиболее рациональное сочетание расходования энергоресурсов и выхода стандартной, экологически чистой продукции.

Научная новизна исследования заключается в обосновании разработки беспочвенной системы орошения и технологии управления водным и питательным режимом огурца на открытом грунте с использованием сети полимерных пластмассовых труб.

Материалы и методы. При выращивании овощной продукции в основном используются технологии возделывания в открытом и закрытом грунте, т.е. в тоннельных укрытиях и в теплицах [1]. В настоящее время применяют беспочвенные технологии выращивания овощей, такие как возделывание огурца на гидропонике, на минеральной вате и на тюках соломы с добавлением плодородной почвы с последующей высадкой рассады в торфяных горшочках в лунки, расположенные на поверхности тюков соломы. Технология выращивания огурцов на минеральной вате является малообъемной. Обычно кубик минеральной ваты размерами $10 \times 10 \times 8$ см при полном насыщении влажным питательным раствором весит около 500 г. Такой кубик в период эксплуатации может быть подсушен до 300 граммов. При выращивании огурцов на минеральной вате поливы необходимо осуществлять утром, во избежание повышенной влажности субстрата [3, 4]. Экспериментальные исследования проводились на образце опытной системы трубопроводного типа. Технологическое сопровождение выращивания огурца осуществлялось с использованием полимерных пластмассовых труб, сопряженных между собой. При выращивании рассады использовались пластмассовые горшочки с последующим помещением их в посадочные места, предусмотренные в поливных трубах для сопровождения дальнейшей вегетации. Питательный режим осуществлялся по общим ранее принятым методикам для возделыва-

ния овощей в пленочных теплицах. Управление водным режимом происходило с учетом питательных элементов, необходимых при возделывании огуречной продукции. Доставка удобрительных смесей и активированной воды растворами углекислого газа (CO_2) и кислорода (O_2) производилась вместе с поливной водой. Обогащенную молекулами кислорода воду получали при растворении в емкости с водой трех- или пятипроцентной перекиси водорода (H_2O_2). Для активации водного раствора CO_2 использовали обычный баллон для хранения и транспортировки углекислого газа.

Результаты и обсуждение. При разработке беспочвенной системы возделывания огуречной продукции нами были использованы имеющиеся материалы нашей отечественной промышленности. Ими явились полимерные пластмассовые трубы диаметром до 120 мм, пропиленовые трубы белого цвета для защиты от солнечной инсоляции, емкости для воды различного объема, выполненные из подобного материала, и запорная арматура (рисунок 1).

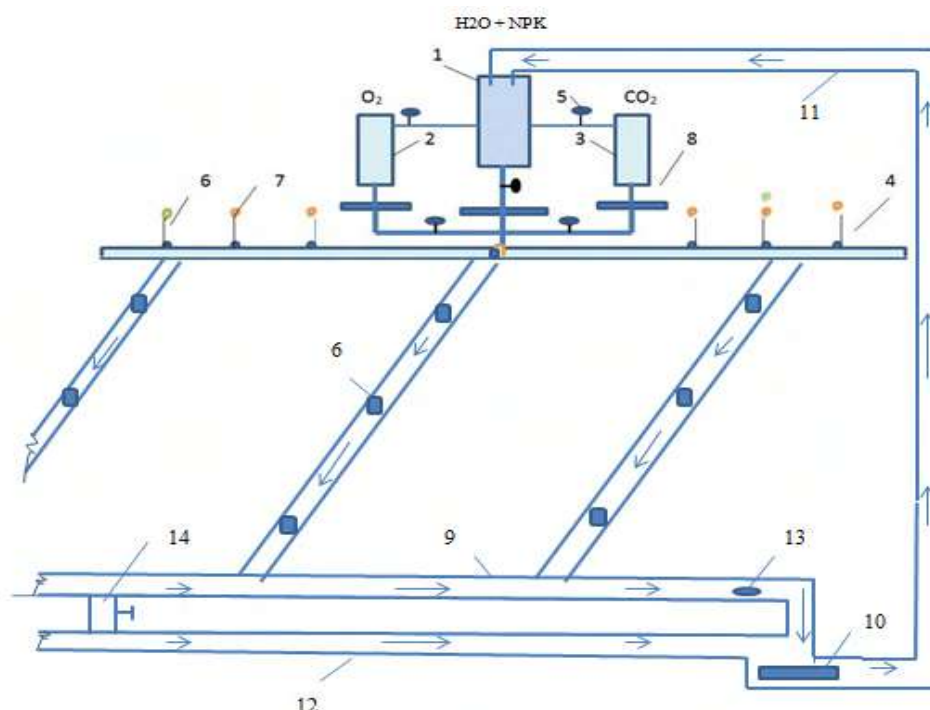


Рисунок 1 – Установка для обогащения поливной воды удобрительными минеральными растворами с активацией поливной воды кислородом или углекислым газом для беспочвенного возделывания овощных культур:

- 1 – емкость для воды и приготовления питательного раствора; 2 – кислородная емкость;
- 3 – емкость для углекислого газа; 4 – распределительный трубопроводный водоприемник;
- 5 – переключной контролер; 6 – посадочное место для розеток с рассадой; 7 – рассада;
- 8 – подставки под емкости; 9 – сливной трубопровод; 10 – погружной насос;
- 11 – трубопровод для возврата водного раствора; 12 – сливной трубопровод;
- 13 – смотровое окно для контроля уровня водного раствора; 14 – сливной патрубок

Figure 1 – Installation for enrichment of irrigation water with fertilizer mineral solutions with activation of irrigation water with oxygen or carbon dioxide for soilless cultivation of vegetable crops:

- 1 – container for water and preparation of a nutrient solution; 2 – oxygen tank; 3 – container for carbon dioxide; 4 – distribution pipeline water intake; 5 – bypass controller; 6 – seat for sockets with seedlings; 7 – seedlings; 8 – stands for containers; 9 – drain pipeline; 10 – submersible pump;
- 11 – pipeline for the return of aqueous solution; 12 – drain pipeline; 13 – viewing window for monitoring the level of aqueous solution; 14 – drain pipe

При разработке трубопроводной поливной системы беспочвенного возделывания овощных культур следует опираться на рельеф почвенного массива, с учетом углов наклона горизонтальной плоскости исследуемого массива. При необходимости можно произвести выравнивание поверхности почвы посредством планировки землеройными машинами, автогрейдером или прицепным скрепером. При проектировании сравнительно малых участков достаточно проведение земельных работ бульдозером. Обязательным условием является близлежащий водоем или возможность бурения скважины для водозабора поливной воды с последующим транспортированием ее к накопительным емкостям. Разработка трубопроводной системы может быть выполнена на почвах с близким или непригодным для орошения залеганием грунтовых вод, в горных районах, на склонах с укладкой труб по горизонтальной поверхности или методом террасирования. Выравнивание вертикальной и горизонтальной плоскости производится посредством подпорочного материала. Для регулирования водного вертикального напора на площадке каждого склона или террасы устанавливается регулятор водяного давления.

Принцип работы беспочвенной системы орошения. Водозабор осуществляется из емкости, предназначенной для полива и приготовления питательных смесей 1, посредством перепускного контролера 5, обогащенная питательными элементами вода (NPK + Mg, + Ca, + Mn) поступает в распределительный трубопровод 4, затем питательный раствор поступает в поливные трубопроводы горшка с посадочным местом 6 для увлажнения овощей. После насыщения растений остатки питательного раствора посредством сливного патрубка 14 транспортируются самотеком к погружному насосу 10 и под малым давлением возвращаются по возвратному трубопроводу 11 в емкость 1 для приготовления питательного раствора с пополнением нормы близкой к разовому поливу минеральными элементами.

Активация воды кислородом или углекислым газом осуществляется из емкости 2, 3 во время пуска поливной воды или питательного раствора посредством запорной арматуры. Активированная вода также поглощается растениями для управления физиологическими процессами роста и развития огуречной продукции.

Выращивание огурцов, как и других овощей, требует большого внимания и основательного подхода. Снизить расходы и сократить трудозатраты помогут правильно подобранные гибриды, адаптированная технология выращивания и тщательная подготовка к предстоящему обороту. Важный начальный этап – выращивание рассады. При оптимальной температуре от 20 до 28 °C семена прорастают примерно в течение трех дней. Выращивают рассаду в рассадных отделениях или пленочных теплицах с обогревом воды и воздуха. В нашем случае рассаду надо выращивать в рассадных горшочках с минеральным субстратом. В условиях высокой освещенности рассада стремится расти вегетативно. Чтобы противодействовать этому, субстрат можно подсушить до 40...50 % от массы полного насыщения, как только корни появятся в нижней части горшочка. Обычно кубик минеральной ваты размерами 10 × 12 × 10 см при полном насыщении весит 500...550 граммов. Такой кубик может быть подсушен до 300...320 г. Полив производить лучше утром, чтобы ночью субстрат минеральной ваты был не слишком влажным. Когда растение потребляет питательный раствор из кубика, освободившееся место занимает воздух (поры), снабжая корни необходимым кислородом. При таком подходе значение ЕС (электропроводности) в субстрате может повыситься до 12, что делает растения генеративными и стимулирует корнеобразование, предупреждая формирование длинных тонких корешков. Агроном должен провести генеративные действия, чтобы стимулировать образование цветков и в конечном итоге плодов. Хорошо известно, что агрессивные условия окружающей среды вызывают ответную реакцию репродуктивных функций растения. Большинство произво-

дителей используют этот фактор, подкладывая кусочек пленки под основание кубика. Такой подход не позволяет корням растений прорасти в блок субстрата большего объема. При этом блок субстрата остается ограниченным. Даже маленькое растение потребляет воду из субстрата, что позволяет агроному контролировать содержание влаги и концентрацию солей в зоне корней. Подсушивание кубика до 50 % от полного насыщения придает импульс полного генеративного развития растения. Это способствует более интенсивному производству гормонов и стимулирует его к размножению. Растения не должны уходить в ночь в мокром субстрате. Если их требуется полить, наполняйте поливной трубопровод с утра, пока еще относительно прохладно. Необходимо проверять, не пересыхает ли субстрат и не началось ли увядание. Также необходим контроль влажности субстрата для своевременного осуществления слива из системы орошения поливного раствора. С целью предотвращения бурного вегетативного развития растений, в составе питательного раствора снижают количество азота.

Международная практика нормирования удобрений для овощных культур с урожайностью 50...100 т/га товарной продукции представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Средние нормы удобрений под овощные культуры, кг/д. в.

Table 1 – Average norms of fertilizers for vegetable crops, kg a. s.

Культура	Азот N	Фосфор P ₂ O ₅	Калий K ₂ O	Магний MgO
Огурец	180	170	280	15
Томат	220	180	390	17
Перец сладкий	180	180	220	12

Овощные культуры весьма требовательны к обеспечению всеми необходимыми элементами питания в течение всего периода вегетации. В основном овощеводы как открытого, так и закрытого грунта выбирают формулу раствора с повышенным содержанием калия, но можно использовать сбалансированные составы. Применение полного компонентного питательного комплекса имеет ряд экономических и физико-химических преимуществ [5, 6]. Например, чтобы приготовить сбалансированный питательный раствор для огурца или кабачка на период вегетации 1-30 дней с содержанием поливной нормы N : P : K = 1,5 : 0,7 : 3,2 кг, достаточно взять 10 кг «АгроМастер 15-5-30+2» и добавить 0,5 кг монокалий фосфата (таблица 2).

Таблица 2 – Рекомендуемые нормы удобрений при их внесении с поливной водой, кг д. в./га в день

Table 2 – Recommended fertilizer rates when applied with irrigation water, kg a. s./ha per day

Культура	Дни выращивания	N	P ₂ O	K ₂ O
Огурец	1-30	1,5	0,7	3,2
Томат	45-75	2,5	0,7	3,2
Перец сладкий	30-50	2,4	1,0	2,6

При этом питание будет сбалансированным не только по NPK, но и по другим жизненно необходимым микроэлементам - магнию, сере, кальцию. При выращивании ранних овощей следует учитывать, что оптимальные дозы в отношении сбора валового сбора урожая приводят к задержке периода созревания. Поэтому при удобрении раннеспелых овощей дозы азота уменьшают. Все растения, образующие сочные плоды, испытывают физиологический дефицит кальция. Кальций – необходимый питательный элемент, выполняющий скелетные функции. Кроме того, он усиливает обмен веществ в растениях, влияет на активность ферментов, играет важную роль в передвижении углеводов и процессах превращения азотистых веществ.

В системе беспочвенного орошения трубопроводного типа рекомендуется использовать только растворимые удобрения. Предпосевное внесение удобрений допустимо лишь в небольших стартовых количествах, так как многие овощные культуры чувствительны к уровню содержания солей в зоне прорастания семян. Как только раскрываются первые цветки на первом побеге, кусочки пленки удаляют из горшочков для дальнейшего проникновения корней глубже в блок субстрата. Генеративность растения повышается, если провести эту операцию с задержкой, т.е. подольше откладывать этот момент. Однако, если растения не закрепятся корнями в блоке субстрата, они могут упасть, даже если будут подвязаны к шпалере на шпагате. Риск неустойчивости растений может стать основным фактором, определяющим, когда именно им дать укорениться в субстрате.

Овощеводы при возделывании овощных культур должны строго ориентироваться на периодичность процесса от выращивания рассады до первой завязи плодов и, в конечном итоге, до сбора готового урожая, управлять водным режимом системы беспочвенного орошения, своевременно обеспечивать овощные растения минеральным питанием, осуществлять биологические и химические мероприятия по защите растений.

Выводы. К необходимости создания предложенной технологии по беспочвенному возделыванию овощных культур в трубопроводной системе орошения нас привел анализ возделывания овощей в тепличных хозяйствах. Преимущество предложенной технологии – снижение затрат на энергоносители (электроэнергию, газ) и все сопутствующие расходные материалы. При использовании данной технологии возделывания овощных культур отпадет потребность в плодородной почве. Систему орошения можно монтировать на почвах, вышедших с севооборота в результате ее деградации из-за неправильного использования, на каменистом грунте и горных районах с пересеченным рельефом местности, а особенно на почвах с очень близким залеганием грунтовых вод, непригодных к возделыванию сельскохозяйственных культур. В дальнейших наших исследованиях мы рассчитываем задействовать на беспочвенной системе открытого типа капельную систему орошения. При создании беспочвенных систем орошения появляется новый импульс для разработок и исследования технологий по режимам водного и минерального питания, по использованию минеральной ваты или другого гидропонного субстрата. Данное направление по возделыванию овощной продукции нацелено на сбережение водных, амортизационных и энергетических ресурсов без существенного удорожания ее себестоимости.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. К решению задачи автоматизации вычислений при проектировании систем комбинированного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 291-304.
2. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
3. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 9-19.
4. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 43-51.
5. Кизяев Б. М., Бородычев В. В. Эффективность минерального питания овощных культур при капельном орошении // Плодородие. 2016. № 5. С. 18-21.
6. Кириллов Н. А. Опыт получения 2-3 урожаев овощных культур и картофеля за один сезон в агроклиматических условиях Чувашии // Аграрная Россия. 2020. № 7. С. 8-10.

7. Спиридонов А. М., Данилова Т. А., Адрицкая Н. А. Овощеводство северо-запада России: современное состояние и перспективы // Аграрная Россия. 2020. № 4. С. 18-22.
8. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Варианты реконструкции гидромелиоративных систем на бывших мелиорированных длительно не используемых сельскохозяйственных землях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 313-327.
9. Эффективность российского овощеводства открытого грунта в условиях санкций / А. Ф. Разин, М. В. Шатилов, М. И. Иванова, О. А. Разин, Н. А. Дацковская, Т. Н. Сурихина, Г. А. Телегина // Аграрная Россия. 2019. № 4. С. 42-48.
10. Arumugam T., Sandeep G., Maheswari M. U. Soilless farming of vegetable crops // The Pharma Innovation Journal. 2021. № 10 (1). P. 773-785.
11. Moulana S., Kumar P. S., Vedhantham V. Cultivation practices of vegetable crops // KRISHI SCIENCE – eMagazine for Agricultural Sciences. 2020. № 1 (03). P. 42-44.
12. Sengirbekova L. K., Syzdykova L. S. Research of safe methods of production of canned vegetables using grain crops // Bulletin of the Almaty Technological University. 2022. № 1. P. 65-71.

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов», Российский государственный агроуниверситет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-9059-9023, тел. 89857544488, e-mail: dubenok@mail.ru

Майер Александр Владимирович, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костюкова» (127750, г. Москва, ул. Большая академическая, д. 44, корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-0065-8916, тел. 89053378678, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

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

A NEW APPROACH TO FORECASTING THE SLOPE RUNOFF OF MELT WATERS ON AGRICULTURAL LANDS IN THE VOLGA AND DON BASINS

A. T. Barabanov

*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective
Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 01.10.2022

Submitted 02.12.2022

*The research was carried out within the framework of the state task
No. 0713-2019-0003 "Theoretical foundations of the erosion-hydrological process in catchment
basins, conceptual directions, ways and principles of creating highly effective environmental
management systems for this process in order to completely prevent soil erosion"
(state registration no. AAAA19-119042290013-8) funding for the Ministry of science
and higher education of the Russian Federation*

Summary

For the conditions under which natural factors contribute to the formation of spring slope runoff, the regularity of the absorption of melt water by frozen soil has been established, which made it possible to describe this process on a genetic basis and develop a new approach to its prediction. Long-term studies have shown that by the time the spring snowmelt ends, the soil thaws to a depth of no more than 30 cm (on average 15-25 cm in zones), saturating to full moisture capacity, an ice screen forms below. The volume of absorption of melt water in this layer is equal to the volume of free pores. The rest of the snow water drains away

Abstract

Introduction. Forecasting of surface spring runoff on agricultural lands with modern intensive agriculture is a very important and topical issue. Its solution is necessary for planning measures to regulate floods on rivers and developing a system of measures to protect soils from erosion. The object of the

study is methods of forecasting river and surface runoff based on the analysis of experimental data.

Materials and methods. The analysis materials were methods for predicting runoff based on the author's long-term experimental materials and literature data obtained using water balance methods by taking into account runoff at runoff sites. **Results and conclusions.** According to the law of limiting factors, no runoff is formed at some of their minimum levels, and if they are higher than these levels, then the runoff is formed under any meteorological conditions. For such levels of factors, the regularity of water absorption by frozen soil was established, which made it possible to create a theory of the formation of surface (slope) melt water runoff on a genetic basis and to develop a new approach to its prediction. Long-term studies have shown that by the time of the spring slope runoff, the soil thaws to a depth of up to 30 cm (on average 15-25 cm), saturating to full moisture capacity, an ice screen forms below. In other words, meltwater absorbs only in this layer. It may contain an amount of water equal to the volume of pores free of moisture. The water accumulated in the snow by the time of snowmelt above this volume drains. Thus, the process of runoff formation is reduced to a two-factor coupling equation, and in fact the process is one-factor, because soil infiltration is caused by its moisture in the frozen state. Snow reserves play a passive role, they do not affect the formation of runoff, but the volume of runoff depends on them, because excess unabsorbed snow water flows down.

Keywords: *surface runoff, slope runoff forecast, natural runoff factors, spring flood.*

Citation. Barabanov A. T. A new approach to forecasting the slope runoff of melt waters on agricultural lands in the Volga and Don basins. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 21-30 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-02.

Author's contribution. The author of this study directly planned, performed and analyzed the results of this study.

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

УДК 631.6.02:556

НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ СКЛОНОВОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ В БАССЕЙНАХ ВОЛГИ И ДОНА

А. Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 01.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Прогнозирование поверхностного весеннего стока на сельскохозяйственных землях при современном интенсивном земледелии является очень важным и актуальным вопросом. Решение его необходимо для планирования мер по регулированию паводков на реках и разработки системы мероприятий по защите почв от эрозии. **Объектом** исследования являются методы прогнозирования речного и поверхностного стока на основе анализа экспериментальных данных. **Материалы и методы.** Материалами анализа служили способы прогнозирования стока на основе многолетних экспериментальных материалов автора и литературных данных, полученных с использованием водно-балансовых методов путем учета стока на стоковых площадках. **Результаты и выводы.** Согласно закону лимитирующих факторов при некоторых их минимальных уровнях сток не образуется, а если они выше этих уровней, то сток формируется при любых метеорологических условиях. Для таких уровней факторов установлена закономерность водопоглощения мерзлой почвой, что позволило создать теорию формирования поверхностного (склонового) стока талых вод на генетической основе и разработать новый подход к его прогнозированию. Многолетние исследования показали, что ко времени окончания весеннего склонового стока почва оттаивает на глубину до 30 см (в среднем 15-25 см), насыщаясь до полной влагоемкости, ниже образуется ледяной экран. Иными словами, та-

лая вода впитывает только в этом слое. В нем может поглотиться количество воды равное объему пор, свободных от влаги. Вода, накопленная в снеге ко времени снеготаяния свыше этого объема, стекает. Таким образом, процесс формирования стока сводится к двухфакторному уравнению связи, а по сути процесса – однофакторному, потому что инфильтрация почвы обусловливается ее влажностью в мерзлом состоянии. Снегозапасы играют пассивную роль, они на формирование стока не влияют, но объем стока зависит от них, потому что стекают излишки не впитавшейся снеговой воды.

Ключевые слова: *поверхностный сток, прогноз склонового стока, природные факторы стока, весенний паводок.*

Цитирование. Барабанов А. Т. Новый подход к прогнозированию склонового стока талых вод на сельскохозяйственных землях в бассейнах Волги и Дона. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 21-30. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-02.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Вопрос прогнозирования речного и поверхностного (склонового) стока очень сложный. Речной сток в значительной степени связан со склоновым. Реки питаются за счет грунтового и склонового стока. Доля весеннего склонового стока в общем речном бывает до 70 % [11]. Грунтовое питание относительно стабильное и на него влияет меньшее количество факторов. Склоновый сток по мнению многих исследователей подвержен большому количеству факторов при сложном их взаимодействии [1, 6–10, 15, 19]. Прогноз стока талых вод должен осуществляться на основе исследования процесса его формирования. Его изучение осуществлялось многими исследователями – гидрологами, эрозиоведами, геоморфологами, почвоведом и др. В результате получен большой материал, характеризующий роль факторов стока. На основе этих исследований было разработано много разных методов, моделей, уравнений расчета (прогноза) речного и поверхностного (склонового) стока. К сожалению, в последние три десятилетия значительно уменьшилось количество экспериментальных исследований по этому вопросу. По оценке сотрудников Института географии РАН, «большая часть водобалансовых станций в настоящее время закрыта, или на них резко сократились объемы работ. По существу, остались лишь три станции ВНИАЛМИ с длительными рядами наблюдений, которые в полном объеме продолжают вести исследования в стационарных опытах в лесостепной и степной зонах» [11].

Материалы и методы. В гидрологии сейчас широко распространены два главных методических подхода: статистический и генетический. Статистические методы позволяют вести приближенные гидрологические расчеты. С их помощью в свое время удалось быстро удовлетворить запросы гидротехнического строительства. Однако решить фундаментальные проблемы в гидрологии на их основе не было возможности. Для этого необходимы были теоретические исследования. Генетические методы базируются на выявлении причинно-следственных связей, установления генезиса процесса с учетом влияния всех факторов, что позволяет создавать теоретические основы его. Однако и статистические методы играют еще важную роль, особенно при изучении поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий (сельскохозяйственная гидрология). В этой области гидрологии пока накоплено мало материала, поэтому регулирование стока осуществляются либо без расчетов, либо на основе приближенных расчетов, что можно осуществлять, применяя статистические методы.

Прогноз речного стока разрабатывался различными методами, но чаще всего путем сопоставления объема стока в створе реки с гидрометеорологическими условиями, сложившимися на ее бассейне [5, 7, 8, 15, 19]. Разработка прогноза стока на сельскохозяйственных угодьях осуществлялась на основе исследований на стоковых площадках [4, 11, 13] и на водосборах [12, 17, 21], а также путем сопоставления объема стока в створе стоковой площадки и балочного водосбора с гидрометеорологическими условиями, природными и антропогенными факторами [18]. Исследования на стоковых площадках позволяют выявить закономерности формирования склонового стока дифференцированно на разных видах угодий (поле, лес, луг), пашни (рыхлая, уплотненная), типах почв.

Мы применяли статистические методы для оценки средних показателей и разной обеспеченности склонового стока, его динамики по зонам и годам с сельскохозяйственных угодий, а генетический подход – для выявления роли природных и антропогенных факторов во взаимодействии снеговой воды с мерзлой почвой для создания теории гидрологического процесса с целью разработки новой системы мероприятий по его регулированию. Для этого закладывались стоковые площадки размером 20 x 100 м. На них осуществляли наблюдения и определения: стока, природных факторов его формирования (снегозапасы, глубину промерзания почвы, ее влажности, удельной и объемной массы), а также гидрометеорологических показателей.

Результаты и обсуждение. Из литературы известно [1, 5-9, 15-17, 19], что процесс формирования стока рассматривается как многофакторный. Большинство факторов влияют на сток комплексно, во взаимодействии. Сейчас имеется много материалов о роли различных факторов в формировании стока [1-10, 12, 13, 15, 19]. Однако трактовка их и выводы у разных авторов различаются и даже бывают противоположными. Часть авторов исследовала закономерности формирования склонового стока на основе связи его с природными факторами [2, 14], но больше гидрологи исследовали связь речного стока со сложившимися условиями на водосборах [1, 7-9, 15], а также путем подбора аналогов весен по условиям формирования стока и сравнения их с предыдущими [5, 18].

О. Н. Урбанова с соавторами [16] при исследовании притока воды в пруды отмечает, что прямой связи стока со снегозапасами нет. Часто при больших запасах воды в снеге половодье бывает небольшое и наоборот. Они считают, что при прогнозировании стока кроме снегозапасов на водосборе необходимо учитывать метеорологическую обстановку (температуру воздуха, осадки в период снеготаяния и др.) осеннюю и весеннюю (перед паводком) влажность почвы, глубину ее промерзания и потери влаги на испарение и впитывание.

М. А. Комиссаров и И. М. Габбасова [13] в опытах на выщелоченных черноземах южного Предуралья выявили, что при небольшой глубине промерзания почвы (30–38 см) склоновый весенний сток не формируется независимо от уровня снегозапасов, увлажнения почвы. Они объясняют это тем, что при небольшом промерзании почва обладает очень высокой впитывающей способностью. По мнению авторов, сток при большой глубине промерзания зависит от сложившихся метеорологических условий.

Н. И. Коронкевич и соавторы [11] отмечают, что основным фактором формирования склонового стока является климатический. Они считают, что в условиях русской равнины России в образовании стока особую роль играют снегозапасы и условия снеготаяния.

Таким образом, при расчете склонового стока был получен большой и интересный материал, однако анализ его не позволяет сделать однозначный вывод о роли природных и антропогенных факторов в формировании стока. При прогнозировании речного стока исследователи были вынуждены учитывать очень много факторов, что снижало возможности получения высокоточного результата, что отмечают сами авторы этих работ [7, 9, 19].

М. В. Болгов и др. [7] пришли к выводу, что решение современных гидрологических и водохозяйственных задач требует теоретического обоснования и применения новых методов и подходов. Они посчитали, что одним из перспективных направлений является применение Байесовского подхода, учитывающего вероятности различного проявления климата. В качестве параметра для байесовской оценки используются различные гидрометеорологические показатели: ежедневные осадки, средние многолетние расходы и подобные случайные величины и соотношения между ними.

Н. А. Варенцова и др. [19] указывают на необходимость развития методической базы прогнозов речного стока и отмечают, что Росгидромет выпускает прогнозы весеннего стока на основе связи его с характеристиками состояния водосбора до начала снегонакопления и перед снеготаянием. В одной из первых методик прогноза стока было принято, что от глубины промерзания почвы сток не зависит. В качестве альтернативы этой методики они приводят работы Л. К. Вершининой, в которых расчет слоя стока основан на связи стока с запасами влаги в метровом слое почвы, глубиной ее промерзания и снегозапасами и осадками на период половодья. В результате они высказывают предположение о кардинальном изменении значимости некоторых предикторов и ими предпринят их поиск. Они предлагают для водосбора рассчитать матрицу, содержащую в себе 21 параметр (8 предикторов в трех-четырёх вариантах).

С. А. Двинских, А. Б. Китаев, В. М. Носков [9], исследуя динамику климатических изменений, пришли к выводу, что высокому половодью обычно предшествует теплая и дождливая осень и большой запас снеговой воды. Однако они же отмечают, что иногда (1979 г.) при очень больших снегозапасах (в 1,5 раза больше нормы), наводнения не бывает. Они считают, что из-за противоречивости результатов в настоящее время нельзя создать надежную модель формирования стока.

В работе С. В. Борща и др. [5] авторы отмечают, что одним из путей совершенствования методов прогнозирования притока воды в водохранилища может быть создание физико-математических моделей, параметрами которых являются метеорологические данные, описывающие возможные сценарии погоды за прогнозируемый прошлые годы; результаты дистанционного зондирования земли и материалы оценки природных особенностей водосбора.

О. В. Гагаринова и др. [8] на основе ландшафтно-гидрологического подхода к исследованию закономерностей формирования речного стока использует следующие физико-географические параметры: геологическое строение местности, рельеф территории (густота балочной и речной сети, экспозиция склонов, средний уклон водосбора), лесистость, заболоченность и др.

Д. А. Бураков и др. [6], анализируя роль факторов в формировании речного стока по годам, отмечают, что в районах с глубоким промерзанием почвы наиболее важным фактором является осеннее увлажнение почвы бассейна водосборов. Связи стока весеннего половодья с изменением глубины промерзания почвогрунтов по годам нет.

Н. И. Алексеевский и соавторы [1], характеризуя влияние факторов на формирование речного стока Волги, отмечают, что годовая величина стока в лесной зоне почти линейно связана с количеством осадков за год, в лесостепной зоне эта связь значительно слабее, а в степной зоне (южная часть бассейна Волги) годовой сток в основном зависит от от снегозапасов, то есть от осадков холодного периода.

М. В. Кумани и соавторы [10] на основе анализа связи речного стока с гидрометеорологическими условиями в бассейнах рек Сейм и Тускарь получили уравнение, согласно которому величина стока весеннего половодья прямо пропорциональна запасам воды в снеге и глубине промерзания. С целью прогнозирования наводнений ими установлена связь максимальных расходов стока с общим объемом половодья.

И. Л. Калюжным и С. А. Лавровым [13] определена роль природных факторов в формировании речного стока в период зимнего и весеннего паводка. Особое внимание уделено роли глубины промерзания и увлажнения почвы. Авторы отмечают, что от глубины промерзания сток весеннего половодья практически не зависит.

Беднорук С. Е. [3] предложил модель циклического изменения притока воды к Волжско-Камскому каскаду водохранилищ, на основе которой разработана методика долгосрочной оценки стока путем подбора и сравнения годов-аналогов по складывающимся гидрометеорологическим условиям.

Подводя итог анализа разных способов расчета стока, следует отметить, что при этом используется либо очень много факторов (свыше десяти), либо один фактор (чаще снеготаяния). Поэтому трактовка результатов и выводы разных авторов сильно различаются и даже бывают противоположны. Это связано с тем, что ими использовались разные методы исследований и подходы к анализу материала, получаемого в результате эксперимента. Имеющаяся в литературе информация по этому вопросу показывает, что современные методы прогноза стока не позволяют дать прогноз формирования стока высокой точности.

Наши исследования в разных природных зонах и анализ данных литературы позволили выявить важнейшие из них, воздействуя на которые, можно его регулировать. Были выявлены закономерности снеготаяния на склонах, характер замерзания, оттаивания и увлажнения почвы, определены главные факторы, влияющие на эти процессы, определена доля каждого из них и дана им количественная оценка. Это позволило определить, на какие факторы и чем нужно воздействовать, чтобы регулировать гидрологический процесс. К природным факторам гидрологического процесса относятся: снеготаяния, промерзание и влажность почвы. К антропогенным факторам относится хозяйственная (в основном сельскохозяйственная) деятельность. На этой основе были рассчитаны и построены кривые обеспеченности стока [2] и вычислены его средние показатели и разной вероятности превышения

Полученные многолетние материалы наблюдений позволили построить теоретические кривые обеспеченности. Показатели стока по природным зонам показывают, что в лесостепи сток образуется на рыхлой пашне 5-6 лет в десятилетие, а на уплотнённой пашне – 7-8 лет из десяти. В степной зоне сток формируется на рыхлой пашне 3-4 года из 10-ти, а в сухостепной – 1-2 года. На уплотнённой пашне эти показатели были 7-8 лет из десяти.

Автором [2-4] были проанализированы многолетние данные связи стока с природными факторами и открыт закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод, согласно которому склоновый сток зависит только от трех факторов: глубины промерзания, запасов влаги в почве и снеготаяния. При некоторых лимитирующих уровнях любого из этих факторов сток не формируется. Определены максимальные (лимитирующие) значения факторов, при которых сток не образуется (таблица). Лимитирующий уровень для глубины промерзания почвы составляет 50 см, для запасов влаги в слое почвы 0–50 см – от 70 до 120 мм (по зонам), для снеготаяния – объем воды в снеге перед снеготаянием меньше объема свободных пор в слое почвы 0 –30 см [2]. Таким образом, в результате многолетних исследований выявлен генезис гидрологического процесса при уровнях факторов ниже лимитирующих и создана теория его формирования. Для условий, когда факторы стока выше лимитирующего уровня, на основе статистического анализа разработаны математические уравнения расчета стока [2-4] Связь стока с этими факторами описывается следующим уравнением: $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$, где x_1 - снеготаяния; x_2 - запасы воды в почве. Процесс формирования стока

сводится к двухфакторному выражению связи, а по сути процесса – однофакторному, потому что водопоглощение обуславливается влажностью почвы в мерзлом состоянии. Снегозапасы играют пассивную роль, они на формирование стока не влияют, но количество стекающей воды зависит от них, т. е. избыток не поглощенной почвой талой воды стекает. Описание связи стока с факторами этими уравнениями при расчетах дает неплохую сходимость с экспериментальными данными, но репрезентативность их недостаточна. Требуется разработать теоретическую базу формирования стока на основе генетического подхода, то есть знания генезиса процесса формирования стока. Для этого надо знать закономерности впитывания в мерзлую почву снеговой воды. Для понимания генезиса процесса и разработки теории формирования стока необходимо исследование процесса инфильтрации влаги в мерзлую почву с позиций теплообмена между впитывающей талой водой и мерзлой почвой. Теоретически этот процесс слабо проработан и в литературе бывает разная его трактовка.

Таблица – Влияние уровня природных факторов на формирование стока

Table – The influence of the level of natural factors on the formation of runoff

Природные факторы Natural factors			Характер формирования стока / The nature of the formation runoff
глубина промерзания почвы, см / soil freezing depth, cm	влагозапасы в слое почвы 0-50 см, мм / moisture reserves in the soil layer 0-50 cm, mm	запасы воды в снеге, мм / water reserves in snow, mm	
Менее 50 / Less than 50	Любые / Any	Любые / Any	Стока нет / No drain
Более 50 / Over 50	Менее 70-120 (по зонам) / Less than 70-120 (by zones)	Любые / Any	Стока нет/ No drain
	Более 70-120 (по зонам) / More than 70-120 (by zones)	Меньше объема свободных пор в слое 0-30 см / Less volume of free pores in the layer 0-30 cm	Стока нет/ No drain
		Больше объема свободных пор в слое 0-30 см / More free pore volume in 0-30 cm layer	Сток есть, объем его связан с запасами воды в снеге и почве/There is a runoff, its volume is related to the water reserves in the snow and soil

Ряд ученых наиболее близко подошли к оценке процесса инфильтрации влаги в мерзлую почву с этих позиций. И. Л. Калужный, С. А. Лавров [12] разработали концепцию формирования в мерзлой почве водонепроницаемого (запирающего) слоя, который формируется при определенном соотношении температуры и влажности почвы. Представляет интерес, хотя и не совсем обоснованный, тезис о том, что в почву может впитаться количество воды, равное объему свободных пор в запирающем слое и во всех слоях, расположенных выше него. Е. А. Гаршинёв (Гаршинев Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: Теория и модели. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 196 с.) наиболее глубоко проанализировал этот процесс и сформулировал концепцию «ледяного экрана», суть которого состоит в том, что при поступлении воды в мерзлую почву верхний слой ее оттаивает и на границе между талым и мерзлым слоями образуется водонепроницаемая ледяная прослойка и впитывание влаги превращается в процесс «термоинфильтрации». Концепция ледяного экрана подтверждается и в исследованиях А. А. Танасиенко и др. [20],

в Западной Сибири. Они отмечают, что на некоторой глубине образуется льдистый экран, который препятствует продвижению талой воды в почву. Он образуется при условии наличия в почве влаги свыше наименьшей влагоемкости.

Концепции о «запирающем слое» и «ледяном экране» сыграли важную роль в понимании процесса инфильтрации в мерзлую почву талой воды. Однако есть большие различия в понимании и трактовке их значения в образовании стока. Поэтому есть необходимость разработки теории формирования стока на генетической основе.

Нами установлено, что почва как саморегулирующая система может поглотить такое количество воды, которое по объему равно полной влагоемкости оттаявшего верхнего слоя небольшой мощности. Иначе говоря, водопоглощение в мерзлую почву происходит в самом верхнем слое, мощность которого по нашим многолетним экспериментальным данным составляет в разные годы и в разных зонах не более 30 см и колеблется от 3 до 30 см (в среднем 15-25 см). Таким образом, водопоглощение мерзлой почвой происходит в самом верхнем слое, который увлажняется до полной влагоемкости. Известно, что полная влагоемкость равна общей порозности, которая обуславливает объем водопоглощения. В этом слое вмещается количество воды, равное объему свободных пор, который равен разности между общей порозностью и запасами влаги в этом слое.

Схематично процесс впитывания можно описать следующим образом. Перед снеготаянием в почве часть пор занято водой, а другая часть свободна. В эти свободные поры при снеготаянии поступает талая вода и почва оттаивает. На границе с мерзлой почвой образуется ледяная прослойка (ледяной экран). При дальнейшем снеготаянии и поступлении воды в почву этот экран опускается вниз. Ниже ледяного экрана вода не поступает. Свободные поры над ним полностью заполняются водой. Объем воды в слое над ледяным экраном равен объему свободных пор в этом слое.

Таким образом, объем весеннего склонового стока зависит от общего объема пор в слое почвы 0-30 см, ее влажности и снегозапасов. Иными словами, величина водопоглощения зависит от объема свободных пор в этом слое. В случае когда запасы воды в снеге больше этого объема, лишняя вода стекает.

На этой основе нами разработан новый способ прогнозирования поверхностного (склонового) стока (Y). Алгоритм расчета стока следующий. Объем его обуславливается запасами воды в снеге (W_s) и емкостью свободных пор (V_{fp}) в верхнем слое почвы и рассчитывается по уравнению: $Y = W_s - V_{fp}$. Емкость свободных пор V_{fp} равна разнице между общей порозностью (V_p) и запасами воды в почве (W_n): $V_{fp} = V_p - W_n$. Величина стока рассчитывается по уравнению: $Y = W_s - (V_p - W_n)$. Общая порозность рассчитывается по удельной (d) и объемной массе (d_v) почвы по уравнению: $V_p = \left(1 - \frac{d_v}{d}\right) * 100$

Общее уравнение расчета стока следующее:

$$Y = W_s - \left[\left(1 - \frac{d_v}{d}\right) * 100 \right] * h * 10 - W_n,$$

где Y – величина стока, мм; W_s – запасы воды в снеге, мм; W_n – запасы воды в почве, мм; h – мощность почвенного слоя, м; d_v – объемная масса почвы, г/см³; d – удельная масса почвы, г/см³

Таким образом, для расчета величины стока необходимо знать запасы воды в снеге и объем свободных пор в слое почвы 0-30 см, который определяется по разнице между общей порозностью и запасами воды в этом слое почвы.

Выводы. В результате исследования процесса впитывания талой воды в мерзлую почву и обобщения данных литературы по этому вопросу разработана методика высокоточного его прогнозирования. Эти знания позволили по-новому подойти к оценке гидрологического процесса и сделать заключение о том, что при разработке приемов

регулирования его и оценке их роли надо учитывать, как они воздействуют на главные факторы стока: промерзание почвы, ее влажность и снегозапасы. Согласно закону лимитирующих факторов при некотором минимальном их уровне сток не образуется. При величине факторов больше лимитирующих сток образуется при любых метеорологических условиях. Процесс формирования стока сводится к двухфакторному уравнению связи, а по сути процесса – однофакторному, потому что инфильтрация почвы обуславливается ее влажностью в мерзлом состоянии. Запасы воды в снеге играют пассивную роль, они на формирование стока не влияют, но объем стока зависит от них, т. е. стекает непоглощенная часть снеговой воды. Нами установлено, что поглощение воды обуславливается верхним слоем почвы, мощность которого по многолетним экспериментальным данным составляет не более 30 см с колебаниями в разных зонах по годам от 3 до 30 см (в среднем 15-25 см).. В этом слое впитывается количество воды соответствующее объему свободных пор, который равен разности между общей порозностью и запасами влаги в почве. Общая порозность рассчитывается по объемной и удельной массе почвы. Итак, для расчета величины стока необходимо знать объем свободных пор в слое почвы 0-30 см и запасы воды в снеге перед снеготаянием.

Эти новые знания позволят по новому подойти к трактовке теории эрозионно-гидрологического процесса и значительно повысить точность прогноза склонового и речного стока весеннего половодья.

Библиографический список

1. Алексеевский Н. И., Юмина Н. М. Многолетние изменения максимальных уровней воды на Нижнем Амуре // Водные ресурсы. 2018. № 1. С. 3-14.
2. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
3. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологический процесс как фактор рельефообразования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 76-82.
4. Барабанов А. Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод с пахотных земель разных типов в лесостепной и степной части бассейнов Дона и Волги // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 6. С. 710–718.
5. Беднорук С. Е. Альтернативная оценка характера изменения водности бассейна р. Волги и притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада // Природообустройство. 2017. № 1. С. 14-23.
6. Бураков Д. А., Волковская Н. П., Иванова О. И. Автоматизированная методика краткосрочных прогнозов уровней воды в бассейне Средней Оби и Иртыша // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 2. С. 129-143.
7. Водные ресурсы бассейна р. Дон в условиях климатических изменений / М. В. Болгов, И. А. Филиппова, Е. А. Коробкина, А. В. Зайцева, М. А. Харламов // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов ("Опасные явления"): матер. международ. науч. конф. Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2019. С. 364-366.
8. Гагаринова О. В., Раздобарин Д. Е. Гидрологический режим реки при изменении ландшафтной структуры водосбора (на примере реки Голоустной) // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2021. Т. 37. С. 17-27.
9. Двинских С. А., Китаев А. Б., Носков В. М. Гидроэкологическая обстановка на Камском Водохранилище в районе г. Добрянки // Географический вестник. 2016. № 2. С. 69-83.
10. Долгосрочный ансамблевый прогноз весеннего притока воды в Чебоксарское водохранилище на основе гидрологической модели: результаты проверочных и оперативных испытаний / С. В. Борщ, А. Н. Гельфан, В. М. Морейдо, Ю. Г. Мотовилов, Ю. А. Симонов // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 366. С. 68-86.

11. Изменение стока снегового половодья на южном макросклоне Русской равнины в период 1930–2014 гг. / Н. И. Коронкевич, А. Г. Георгиади, С. В. Долгов, Е. А. Барабанова, Е. А. Кашутина, И. П. Милукова // Лед и снег. 2018. Т. 58. № 4. С. 498–506.
12. Калужный И. Л., Лавров С. А. Механизм влияния глубины промерзания почв речных бассейнов на зимний сток // Водные ресурсы. 2017. № 4. С. 442–451.
13. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734–743.
14. Коробкина Е. А., Филиппова И. А., Харламов М. А. Оценка стока в бассейне р. Дон: необходимость смены парадигмы гидрологических расчетов // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 6. С. 663–673.
15. Кумани М. В., Шульгина Д. В., Киселёв В. В. Многолетняя динамика основных элементов стока рек в пределах Центрального Черноземья // Региональные геосистемы. 2021. № 4. С. 617–631.
16. Методология расчётов водного и водохозяйственного балансов для некоторых водных объектов республики Татарстан / О. Н. Урбанова, А. Т. Горшкова, Д. А. Семанов, Ю. В. Мутыгулина, Н. В. Бортникова // Российский журнал прикладной экологии. 2020. № 2. С. 36–41.
17. Панов В. И. Оптимизация соотношения основных ландшафтных угодий (кластеров) в бассейновом агроэколандшафте степного засушливого пояса России // Научно-агрономический журнал. 2021. № 2. С. 6–17.
18. Полуэтов Е. В., Сухомлинова Н. Б. Особенности адаптивно-ландшафтной организации территории водосборного бассейна в современных условиях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1. С. 1–16.
19. Прогноз притока воды к цимлянскому водохранилищу в период половодья в современных климатических условиях: проблемы и воспроизводимость / Н. А. Варенцова, М. Б. Киреева, Н. Л. Фролова, М. А. Харламова, В. П. Илич, А. А. Сазонов // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 6. С. 694–709.
20. Танасиенко А. А., Чумбаев А. С., Якутина О. П. Оценка глубины промерзания чернозёмов на юге Западной Сибири // Метеорология и гидрология. 2018. № 2. С. 90–96.
21. Lawson G., Dupraz C., Watts J. Can Silvoarable Systems Maintain Yield, Resilience, and Diversity in the Face of Changing Environments? // Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality. Elsevier Inc 2019. P. 145–168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00009-1>.

Информация об авторе

Барабанов Анатолий Тимофеевич, главный научный сотрудник – заведующий лабораторией защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9945-654X> barabanova@vfanc.ru тел. 8-961-694-08-44.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-03

THE INFLUENCE OF THE BASIC AGRICULTURAL PRACTICES ON THE FORMATION OF PRODUCTIVE GRASS STANDS OF FESCOW REED ON IRRIGATED LAND OF THE VOLGA-DON INTERFLUVE

T. N. Dronova, N. I. Burtseva, I. P. Ivina

Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 10.09.2022

Submitted 11.10.2022

Abstract

Introduction. Perennial grasses serve as a source of feed for farm animals, ensure the accumulation of organic matter in the soil, protect it from all types of erosion, provide subsequent crops in crop rotations with available nutrients, thereby increasing their productivity. Cane fescue has a high and stable productivity for a long time, it is a good component in long-term grass mixtures. **Object.** The object of research was the reed fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) of the Sura variety, an unconventional crop for the Volga-Don

interfluve, which is characterized by winter hardiness and heat resistance. **Materials and methods.** Field experiments and observations were carried out in the fields of the «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture», according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** High seed yields were formed on crops of the second year of use - 504-709 kg/ha, while summer sowing had a clear advantage over spring - 595-709 versus 504-592 kg/ha. The wide-row placement of seeds contributed to higher yields in all years of use. As a result of the research, it was found that cane fescue formed the largest leaf surface on thickened ordinary crops. When optimizing the cultivation conditions of the crop, photosynthetic activity was characterized by high rates: the maximum assimilation surface was recorded on ordinary herbage in the spring sowing period - 90.4, summer - 92.5 thousand m²/ha. After harvesting cane fescue for seeds, the sum of air temperatures for 38-45 days was 950-970 °C, which ensured the second full-fledged crop of green mass. On row crops, the biomass yield in the first year of use varied from 21.4 to 28.6, and in the fifth - 13.4-20.4 t/ha, which is 8.5-19.1% more than on wide-row crops. Perennial grasses are valued for their ability to accumulate a significant amount of organic matter, which, when decomposed, provides a high content of nutrients in a 0.5-meter soil layer. In our experiments, by the end of 4-5 years of use, cane fescue accumulates contain from 49 to 199 kg N, 37-39 - P₂O₅ and 153-235 kg/ha K₂O.

Key words: terms and methods of sowing, seeding rates of cane fescue, photosynthesis, seed and fodder productivity, accumulation of root mass and nutrients in the soil

Citation. Dronova T.N., Burtseva N.I., Ivina I.P. The influence of the basic agricultural practices on the formation of productive grass stands of fescow reed on irrigated land of the Volga-Don interfluve. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 30-38 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-03.

Author's contribution. The team of authors was 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 interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.264:631.67(470.4)

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ АГРОПРИЕМОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ ТРАВСТОЕВ ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Т. Н. Дронова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

И. П. Ивина, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 10.09.2022

Дата принятия к печати 11.10.2022

Актуальность. Многолетние травы служат источником кормов для сельскохозяйственных животных, обеспечивают накопление органического вещества в почве, защищают её от всех видов эрозии, обеспечивают последующие культуры в севооборотах доступными питательными элементами, повышая тем самым их урожайность. Овсяница тростниковая имеет высокую и стабильную продуктивность в течение продолжительного времени, является хорошим компонентом в травосмесях долгосрочного использования. **Объект.** Объектом исследований была овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* Schreb.) сорта Сура, нетрадиционная культура для Волго-Донского междуречья, отличающаяся зимостойкостью и жароустойчивостью. **Материалы и методы.** Полевые опыты и наблюдения велись на полях ФГБНУ ВНИИОЗ согласно общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Высокие урожаи семян формировались на посевах второго года пользования – 504-709 кг/га, при этом летний посев имел явное преимущество перед весенним – 595-709 против 504-592 кг/га. Широкоядрое размещение семян способствовало во все годы пользования получению более высоких урожаев. В результате исследований установлено, что овсяница тростниковая формировала наибольшую листовую поверхность на загущённых рядовых посевах. При оптимизации условий возделывания культуры фотосинтетическая деятельность характеризовалась высокими показателями

ми: максимальная ассимиляционная поверхность была зафиксирована на рядовых травостоях весеннего срока сева – 90,4, летнего – 92,5 тыс. м²/га. После уборки овсяницы тростниковой на семена сумма температур воздуха за 38-45 дней составила 950-970 °С, что обеспечило получение второго полноценного урожая зелёной массы. На рядовых посевах урожай биомассы в первый год пользования изменялся от 21,4 до 28,6, а в пятый – 13,4-20,4 т/га, что на 8,5-19,1 % больше, чем на ширококорядных посевах. Многолетние травы ценятся за способность накапливать значительное количество органического вещества, которое при разложении обеспечивает высокое содержание элементов питания в 0,5-метровом слое почвы. В наших опытах овсяница тростниковая к концу 4-5 года пользования накапливала 16,2-20,6 т/га корней, в которых содержалось от 49 до 199 кг N, 37-39 P₂O₅ и 153-235 кг/га K₂O.

Ключевые слова: *способы посева овсяницы, нормы высева овсяницы тростниковой, фотосинтез овсяницы, кормовая продуктивность овсяницы, овсяница тростниковая.*

Цитирование: Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Ивина И. П. Влияние основных агроприемов на формирование продуктивных травостоев овсяницы тростниковой на орошаемых землях Волго-Донского междуречья. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 30-38. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-03.

Авторский вклад. Авторский коллектив принимал 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. В кормопроизводстве региона многолетним травам отводится важная роль. Они являются одним из главных компонентов при закладке севооборотов и составлении зелёных конвейеров. Из многолетних трав заготавливают различные корма: сено, силос, сенаж, а также эти травы охотно поедаются животными в виде зелёной массы. Корм из многолетних трав богат белками, углеводами, витаминами, минеральными веществами, которые важны для роста и развития молодняка и повышения продуктивности взрослого скота [3-5, 9].

В повышении интенсификации кормопроизводства большое значение наряду с традиционными культурами региона имеет привлечение новых перспективных видов многолетних мятликовых трав и их смесей с бобовыми культурами, имеющими высокую продуктивность и качество кормовой массы [6-8, 12].

Такой мятликовой культурой может служить овсяница тростниковая, имеющая высокие качественные показатели. Она хорошо переносит зимы, жароустойчива, интенсивно кустится, после уборки на семена формирует укос отавы, который отличается высокой питательностью [6, 10, 11].

В связи с этим задачей наших исследований последних лет является отработка основных элементов технологии возделывания новой для региона культуры овсяницы тростниковой на орошаемых землях Волго-Донского междуречья.

Материалы и методы. Полевые 3-х факторные опыты закладывались на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ. Фактор А включал два срока посева овсяницы: весенний (2-3 декада апреля) и летний (1-2 декада августа). По фактору В изучались 2 способа посева: обычный рядовой (ширина междурядий 0,15 м) и ширококорядный (ширина междурядий 0,30 м). По фактору С (нормы высева) – 4, 5, 6 млн – при рядовом способе посева и 2, 3, 4 млн всхожих семян на гектар – при ширококорядном посеве.

Перечень агротехнических приёмов, применяемых на опытном поле, включал запасное внесение фосфорных и калийных удобрений (P₁₈₀K₂₀₀), азотных подкормок (N₁₈₀₋₂₁₅) ранней весной и после укоса на семена, проведение вегетационных поливов при снижении влажности почвы до 70-75 % НВ. Поддержание водного режима почвы осуществлялось дождевальными машинами «Bauer Rainstar» с консолью [1, 2].

Почвы опытного поля светло-каштановые солонцеватые. По механическому составу они относятся к средним и тяжёлым разновидностям. Гумусовый горизонт маломощен – 0,18-0,20 м, содержание гумуса в пахотном слое – 1,5-1,7 %. Водно-физические свойства почвы характеризуются высокой плотностью, небольшим запасом продуктивной влаги, слабой водопроницаемостью.

В опытах использовался сорт овсяницы тростниковой Сура селекции Пензенского НИИСХ. Повторность 4-х-кратная, площадь делянки по срокам сева – 1680, способам – 210, нормам высева семян – 70 м². Для посева овсяницы использовали сеялку точного высева СН-16ПМ. Уборку семян проводили напрямую комбайном «Террион 2010». Во втором укосе травостой овсяницы скашивали кормоуборочным комбайном Е-281. Закладка опытов проводилась в соответствии с методическими указаниями ВНИИОЗ (1989) и ВНИИ кормов (1997).

Результаты и обсуждение. Семенная продуктивность овсяницы тростниковой определялась на посевах первого – пятого года пользования. Наибольшие урожаи семян формировали травостой второго года – 504-709 кг/га, при этом во все годы летний срок сева имел явное преимущество перед весенним: 595-709 против 504-592 кг/га. Широко-рядное размещение семян обеспечивало во все годы пользования получение большего урожая: 462-563 кг/га – в первый, 664-709 – во второй, 584-621 – в третий, 467-506 – четвертый, 314-334 кг/га – в пятый год пользования против 408-505, 595-686, 507-544, 402-456, 297-311 кг/га соответственно на рядовом посеве.

Оптимальной нормой высева овсяницы тростниковой можно считать 5,0 млн в рядовых и 3,0 млн всхожих семян на гектар в широко-рядных посевах. На этих вариантах во все годы использования травостой сформированы максимальные урожаи семян – 505 и 563, 686 и 709, 544 и 621, 456 и 506, 311 и 334 кг/га на летнем посеве (рисунок 1).

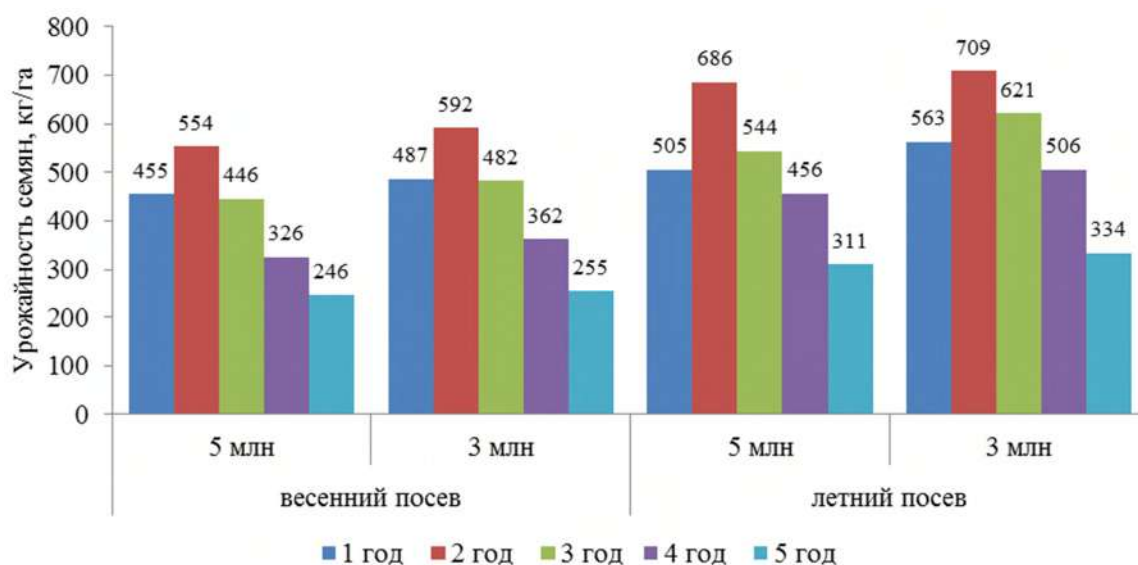


Рисунок 1 – Семенная продуктивность овсяницы тростниковой по годам пользования, кг/га

Figure 1 – Seed productivity of cane fescue by years of use, kg/ha

При оценке кормовой продуктивности многолетних трав большое значение имеют показатели ассимиляционной поверхности травостоя, так как основная часть питательных веществ содержится в листьях растений. Овсяница тростниковая имеет высокую облиственность, благодаря этому она лучше и полнее, чем другие растения, использует солнечный свет [6, 8].

Как показывают наши наблюдения, овсяница тростниковая второго года жизни после начала весеннего отрастания (II декада апреля) медленно формирует листовую поверхность. Наиболее интенсивно площадь листьев нарастает к фазе цветения. Кроме того, после прохождения фазы выметывания – цветения, усиливается отмирание листьев, особенно нижних, что также сказывается на общем размере ассимиляционной поверхности [1, 2, 5].

В наших опытах площадь листьев более высокой была в рядовых посевах: во второй год пользования при весенних сроках в среднем она составляла 83,6, на летнем – 86,3 тыс. м²/га. Ширококорядные посева формировали значительно меньшую площадь листьев: на весенних сроках – 61,6, на летних – 63,3 тыс. м²/га. С повышением нормы высева увеличивалась и ассимиляционная поверхность овсяницы: на весеннем рядовом и ширококорядном посевах этот показатель изменялся с 77,0 до 90,4 и с 59,3 до 64,9 тыс. м²/га. По площади листьев травостой летнего срока сева превосходил весенний на 7,5-12,5 %. Максимальная площадь листовой поверхности была на рядовом способе посева при летнем сроке: 80,0-92,5 м²/га. На ширококорядном посеве листовая поверхность насчитывала 61,2-65,5 м²/га. Лучшие показатели фотосинтетического потенциала отмечались в вариантах высева семян нормой 4,0 млн шт./га при 0,30 метровой ширине междурядий и 6,0 млн шт. – при 0,15 метровой ширине – 0,864 и 0,792 млн м²·сут./га при весеннем сроке сева и 0,885 и 0,841 – при летнем (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели фотосинтеза посевов овсяницы тростниковой во второй год пользования

Table 1 – The main indicators of photosynthesis of cane fescue crops in the second year of use

Способ посева	Норма высева, млн шт./га	Макс. площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, млн м ² ·сут./га	ЧПФ, г/м ² сут./га
Весенний посев				
Рядовой	4	77,02	0,755	2,9
	5	83,36	0,796	2,2
	6	90,40	0,864	1,7
	среднее	83,59	0,805	2,3
Ширококорядный	2	59,28	0,772	2,8
	3	60,73	0,780	2,1
	4	64,85	0,792	1,9
	среднее	61,62	0,781	2,3
Летний посев				
Рядовой	4	80,03	0,765	3,1
	5	86,24	0,825	2,4
	6	92,51	0,885	1,8
	среднее	86,26	0,825	2,4
Ширококорядный	2	61,20	0,786	3,0
	3	63,36	0,813	2,2
	4	65,47	0,841	2,0
	среднее	63,34	0,813	2,4

После уборки урожая овсяницы тростниковой на семена сумма температур воздуха за 38-45 дней составляла 950-970 °С, что обеспечивало формирование второго полноценного укоса (на корм). На рядовых посевах урожай зелёной массы в первый год пользования изменялся от 21,4 до 28,6 т/га, во второй – 24,1-33,5, третий – 20,3-29,3, четвёртый – 19,4-26,2, пятый – 13,4-20,4, что на 8,5-19,1 % больше, чем на ширококорядных посевах. Максимальная урожайность получена на делянках летнего рядового посева с наиболее высокой нормой высева (6,0 млн всхожих семян на гектар). Посевы овсяницы формировали урожай отавы на уровне 28,6, 33,5, 29,3, 26,2 и 20,4 т/га по годам пользования соответственно (рисунок 2).

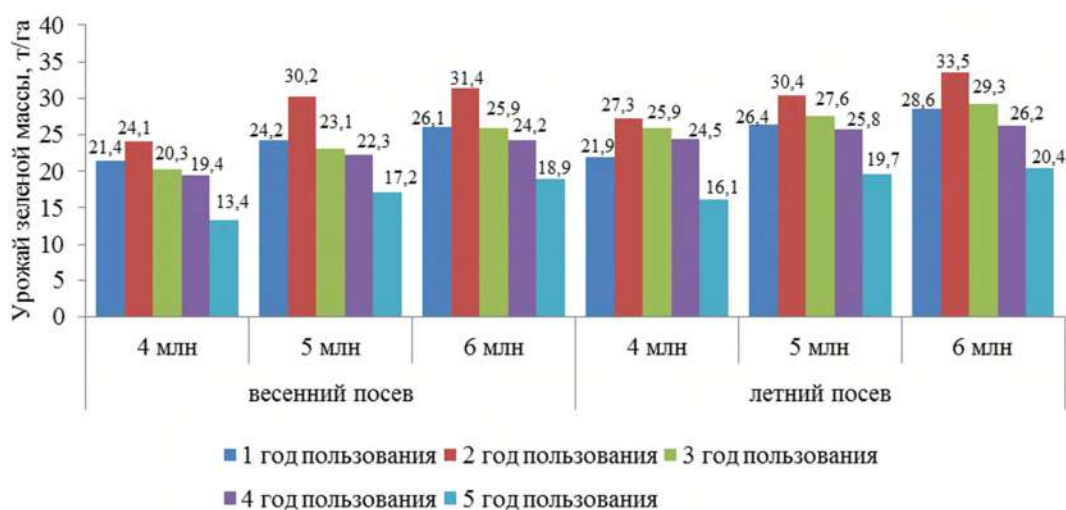


Рисунок 2 – Урожайность овсяницы тростниковой рядового посева во втором укосе, т/га зелёной массы

Figure 2 – The yield of cane fescue of ordinary sowing in the second mowing, t/ ha of green mass

Зоотехническая оценка отавы свидетельствует о высоких кормовых достоинствах овсяницы: содержание азота в сухой биомассе составило 1,45-1,60 %, жира – 3,69-3,89, клетчатки – 31,79-33,08, безазотистых экстрактивных веществ – 35,68-36,07 %. С увеличением плотности травостоя содержание протеина увеличивалось как при рядовом, так и широкорядном посеве – с 9,51 до 10,09 и с 9,08 до 9,31 %, а содержание клетчатки снижалось с 32,9 до 31,79 и с 33,08 до 32,7 % соответственно (рисунок 3). При этом в килограмме сухой биомассы содержание кормовых единиц увеличивалось соответственно с 0,49-0,51 до 0,52-0,55, а переваримого протеина с 45,0-48,0 до 52,0-61,2 г.

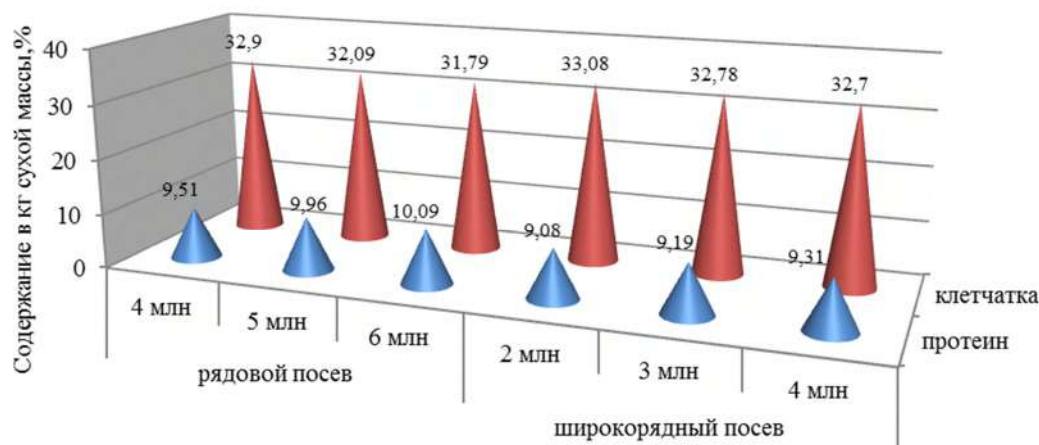


Рисунок 3 – Содержание протеина и клетчатки в биомассе овсяницы тростниковой второго года пользования

Figure 3 – The content of protein and fiber in the biomass of reed fescue of the second year of use

Наблюдения за накоплением корневой массы показали, что в первый и последующие годы пользования овсяница развивает мощную корневую систему. К концу второго и третьего года на летних посевах остается 8,9-14,9, а после четырех и пяти лет - 15,8-20,6 т/га сухих корней (рисунок 4).

При этом отмечена закономерность: при общем увеличении корневой массы с возрастом травостоя от 3,8-7,1 в первый до 16,2-20,6 т/га в пятый год пользования, ежегодный прирост корней снижается в среднем с 5,5-5,6 т на посевах второго – третьего до 3,7-2,4 т/га – четвертого и пятого года пользования.

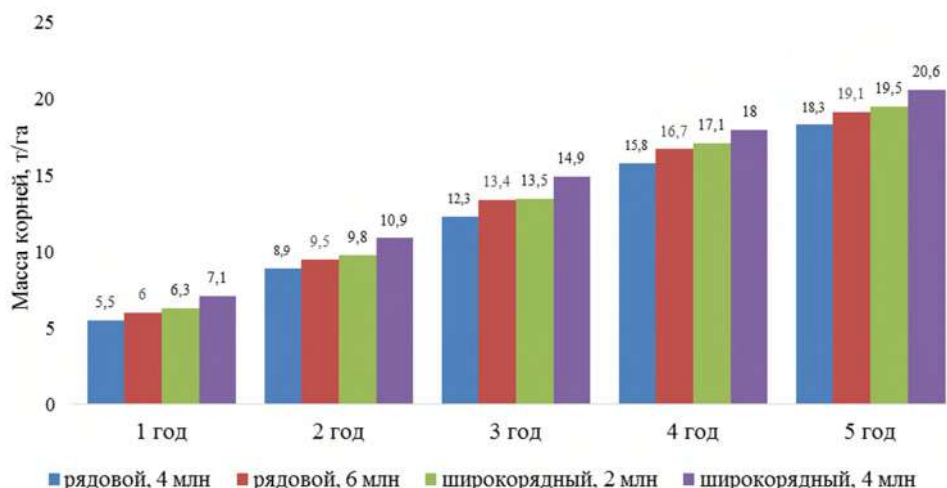


Рисунок 4 – Накопление корневой массы посевами овсяницы тростниковой летнего срока сева по годам пользования, т/га

Figure 4 – Accumulation of root mass by cane fescue crops of the summer sowing period by years of use, t/ha

Значение пожнивных и корневых остатков многолетних трав велико, их количество влияло на накопление основных элементов в почве: содержание азота в корнях овсяницы изменялось в пределах 0,9-1,4, фосфора – 0,19-0,26 и калия – 1,3-1,6 %. Таким образом, к концу пятого года пользования на летнем посеве в 0,5-метровом слое почвы оставалось 18,3-20,6 т/га корневых остатков с содержанием 169-199 кг азота, 37-39 кг фосфора и 210-235 кг/га калия (рисунок 5).

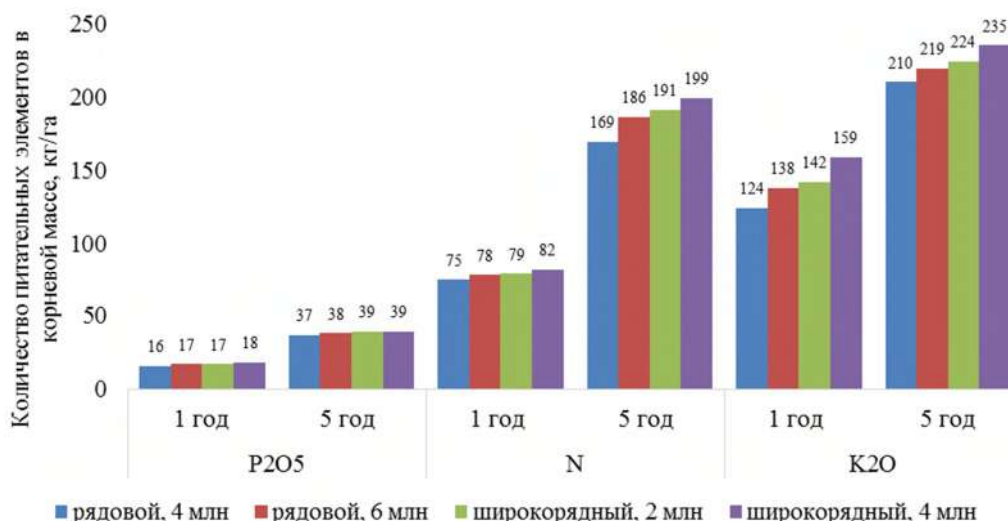


Рисунок 5 – Накопление питательных элементов в корневой массе овсяницы тростниковой летнего срока сева по годам пользования, кг/га

Figure 5 – Accumulation of nutrients in the root mass of reed fescue of the summer sowing period by years of use, kg/ha

Выводы. Высокая обеспеченность территории Волго-Донского междуречья фотосинтетически активной радиацией и сумма положительных температур способствуют эффективному росту продуктивности многолетней мятликовой культуры овсяницы тростниковой, способной формировать за вегетацию в расчете на 1 гектар от 500 до 710 кг семян и 24,0-34,0 т зелёной массы при комбинированном использовании травостоя. Лучшие условия для роста и развития семенного травостоя создаются на летних широкорядных посевах с нормой высева 3 млн всхожих семян на гектар.

После уборки овсяницы на семена продолжительность вегетационного периода составляет от 38 до 45 дней с суммой температур 950-970 °С. Послеуборочная подкормка травостоя азотными удобрениями и поддержание заданного порога увлажнения обеспечивают формирование 12,4-33,5 т/га зелёной массы. Более высокие урожаи получены на рядовом летнем посеве с нормой высева 6,0 млн всхожих семян – 20,4-33,5 т/га.

Отавный укос характеризуется высокими кормовыми достоинствами: содержание протеина в килограмме сухой биомассы 9,1-10,1 %, жира – 3,7-3,9, клетчатки – 31,8-33,1, БЭВ – 35,7-36,1 %.

При возделывании овсяницы тростниковой в полуметровом слое почвы накапливается до 16,2-20,6 тонн органики с содержанием 119-199 кг азота, 37-39 фосфора и 153-235 кг/га калия, что способствует сохранению и приумножению почвенного плодородия.

Библиографический список

1. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Земцова И. П. Формирование высокопродуктивных травостоев овсяницы тростниковой при орошении // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 8 (96). С. 1219-1226.
2. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Земцова И. П. Особенности технологии возделывания нетрадиционной культуры овсяницы тростниковой при орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 4 (60). С. 60-67.
3. Золотарев В. Н., Сапрыкин С. В. Травосеяние и семеноводство многолетних трав в структуре растениеводства как основа биологизации земледелия и развития кормопроизводства в региональном аспекте // Кормопроизводство. 2020. № 5. С. 3-15.
4. Инновационный ресурс производства высококачественных объёмистых кормов на природных сенокосах / А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, А. В. Родионова, Н. В. Жезмер, Е. Е. Проворная // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 2. С. 40-43.
5. Кучин Н. Н., Ивашин И. И. Сезонные и суточные изменения биохимического состава растений // Вестник НГИЭИ. 2019. № 3 (94). С. 51-61.
6. Кшникаткина А. Н., Тимошкин О. А., Ревнивцев П. В. Приемы повышения продуктивности овсяницы тростниковой // Нива Поволжья. 2018. № 3 (48). С. 38-43.
7. Петрук В. А. Урожайность многолетних трав и травосмесей при разных сроках посева в Западной Сибири // Вестник НГАУ. 2020. № 1 (54). С. 24-32.
8. Степанов А. Ф. Формирование одновидовых и смешанных агроценозов овсяницы тростниковой в условиях Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2020. № 4 (40). С. 52-59.
9. Efficient root metabolism improves drought resistance of *Festuca arundinacea* / D. Perlikowski, A. Augustyniak, A. Skiryez, I. Pawlowies, K. Masajada, A. Michaelis, A. Kosmala // Plant and cell Physiology. 2019. V. 61. I. 3. P. 492-504.
10. Mahdavi S. E., Salehi H., Zarei M. Morpho-physiological and biochemical attributes of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) inoculated with *pseudomonas fluorescens* under deficit irrigation // Soil Science and Plant Nutrition. 2020. V. 20. I. 3. P. 1457-14711.
11. Rogers M. E., Lawson A. R., Kelle K. B. Summer production and survival of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*) genotypes in northern Victoria under differing irrigation management Australian - Grassland - Association (AGA) research symposium on soil constraints on pasture productivity // Crop & Pasture Science. 2019. V. 70. I. 12. P. 1163-1174.
12. Root growth and turnover in perennial forages as affected by management systems and soil depth / S. Houde, M. N. Thivierge, F. Fort, G. Bélanger, M. H. Chantigny, D. A. Angers, A. Vanasse // Plant and Soil. 2020. V. 451. I. 1-2. P. 371-387.

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

Ивина 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: ivina.i@bk.ru

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

DESICCATION OF LEGUMINOUS CROPS AS A METHOD OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF THEIR CULTIVATION IN THE VOLGOGRAD REGION

A. Yu. Moskvichev¹, S. A. Agapova²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian*

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

Received 17.06.2022

Submitted 16.11.2022

Summary

This article compares the effects of a chemical compound and a natural mineral as a desiccant on crops of leguminous crops: chickpeas and soybeans. Such a comparison is given by the size of the output, the quality of grain and economic justification.

Abstract

Introduction. Two-year data (chickpeas) and one-year data on soybeans on the effect of desiccants region, potassium salt glyphosate, bilator on the productivity and quality of seeds of chickpeas Volgogradsky 10 and soybean variety Volgogradka 2 were carried out. **Materials and methods.** The research was carried out in the conditions of chestnut (dark chestnut and light chestnut) soils of the Volgograd region on the experimental fields of the the Peasant farm «Germagenov A.V.» and the lands of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific and Research Institute of Irrigated Agriculture». As a result of the research, the possibility of using desiccation for earlier harvesting in the Volgograd region was established, while no significant changes in the content of protein and fat in the grains were detected. Recently, pre-harvest drying 14 days before harvesting crops of these crops has become particularly important in the cultivation of leguminous crops (chickpeas, soybeans). The use of such a technique, especially in the modern period, allows you to solve several goals. The main task of desiccation is to achieve the maturation of all beans at different levels of their location on the legume plant. As a result, when harvesting, all grain has the necessary moisture content (up to 14%). The next goal of pre-harvest drying is to combat vegetating weeds that dry them and contribute to improving the threshing of grain during combine harvesting, which prevents the production of corn grain, mostly chickpeas. The next goal of such treatment of plants before harvesting is to improve the quality of the resulting grain, since this treatment mobilizes the process of outflow of nutrients from the vegetative part of the plant to the final product – grain. **Results and conclusions.** In our research, as desiccants, we used chemicals manufactured by industry (glyphosate potassium salt and region in recommended dosages), as well as a modified natural mineral bilator in 30% concentration on the crops of these leguminous crops. The use of the latter contributed to an increase in the grain yield of 0.45 t/ha, an increase in its quality and an additional net income per 1 ruble of additional costs increased to 5.90 rubles.

Keywords: chickpeas, soy, desiccation, region, natural mineral bilator, yield and grain quality.

Citation. Moskvichev A.Yu., Agapova S.A. Desiccation of leguminous crops as a method of improving the technology of their cultivation in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 38-45 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-04.

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

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

УДК 633.3:631.5(470.45)

ДЕСИКАЦИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР КАК ПРИЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Ю. Москвичев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. А. Агапова², младший научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет

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

Дата поступления в редакцию 17.06.2022

Дата принятия к печати 16.11.2022

Актуальность. Приведены двухлетние данные (нута) и однолетние по сое на влияние десикантов реглон, калийная соль глифосата, билатора на продуктивность и качество семян сорта нута Волгоградский 10 и сорт сои Волгоградка 2. **Материалы и методы.** Исследования проведены в условиях каштановых (темно-каштановых и светло-каштановых) почв Волгоградской области на опытных полях КФХ «Гермагенова А. В.» и землях ФГБНУ ВНИИОЗ. В результате НИР установлена возможность применения десикации для более ранней уборки в Волгоградской области, при этом значительного изменения содержания в зернах белка и жира не выявлено. В последнее время особую значимость при возделывании зернобобовых культур (нут, соя) приобретает предуборочное подсушивание за 14 дней до уборки посевов этих культур. Использование такого приема, особенно в современный период, позволяет решать несколько целей. Главная задача десикации – достичь созревания всех бобов на разном уровне расположения их на бобовом растении. В результате при уборке урожая все зерно имеет необходимую влажность (до 14 %). Следующей целью предуборочного подсушивания является борьба с вегетирующими сорняками, которые подсушивают их и способствуют улучшению обмолота зерна при комбайновой уборке, что предотвращает получение марного зерна, в большей мере у нута. Следующей целью такой обработки растений перед уборкой является улучшение качества получаемого зерна, так как эта обработка мобилизует процесс оттока питательных веществ из вегетативной части растения на конечный продукт – зерно. **Результаты и выводы.** В своих исследованиях в качестве десикантов мы использовали химические препараты, выпускаемые промышленностью (калийная соль глифосата и реглон в рекомендуемых дозировках), а также модифицированный природный минерал – билатор в 30 % концентрации на посевах этих зернобобовых культур. Использование последнего способствовало увеличению урожая зерна 0,45 т/га, повышению его качества, и дополнительный чистый доход на 1 рубль дополнительных затрат увеличивался до 5,90 руб.

Ключевые слова: зернобобовые культуры, десикация зернобобовых культур, реглон, природные минералы, билатор, качество зерна зернобобовых культур.

Цитирование. Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Десикация зернобобовых культур как прием совершенствования технологии их возделывания в Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 38-45. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-04.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Неблагоприятные погодные условия к концу вегетативного периода у растений ведут к неравномерному созреванию культур, накоплению большого количества влаги в семенах и активному росту сорных растений. Все эти факторы оказывают неблагоприятное воздействие на урожайность и ведут к большим потерям. Для сохранения и равномерного созревания используются гербициды сплошного действия - десиканты. Качественная уборка урожая — это важный этап в комплексе работ по возделыванию сельскохозяйственных культур. Трудности в уборке возникают из-за не равномерного созревания возделываемой культуры, а также в связи с воздействием на культуры биотических и абиотических факторов, которые снижают урожайность и могут приводить к увеличению потерь от болезней. Данная ситуация решается при помощи десикации [8, 10]. Десиканты – разновидность пестицидов, химические вещества, вызывающие подсушивание растений на корню [5]. На сегодняшний день современные десиканты позволяют ускорить время сбора различных сельскохозяйственных культур. Дополнительным фактором могут служить засоренность посевов перед уборкой и ожидаемые неблагоприятные погодные условия [6]. Основа действия десиканта заключается в повреждении клеточной мембраны у растения, что приводит к быстрой потере воды. Степень повреждения в некоторой степени определяет скорость высыхания, но факторы окружающей среды, особенно относительная влажность, оказывают большое влияние. При низкой относительной влажности высыхание происходит быстро; когда влажность высока, осушение происходит медленно. Одними из первых веществ, используемых в качестве десикантов, были цианамид кальция (кальциевая соль амида циановой кислоты), тиоцианат аммония (роданид аммония), цианамид натрия и цианат калия. Однако все вещества, кроме цианамида кальция, не получили широкого применения, вероятно, из-за отсутствия эффективности или экономической выгоды. Цианамид кальция использовался в Соединенных Штатах в качестве десиканта до середины 1950-х годов [2, 13]. На сегодняшний день существует множество действующих веществ десикантов. Самыми распространенными веществами являются дикват, глюфосината аммония и глифосат. На основе этих веществ разработано множество препаратов, которые прошли регистрацию на территории РФ и применяются в разных округах нашей страны. Естественные условия, существующие в различных регионах, делают десикацию экономически выгодной в одном регионе, но нежелательной в другом. Осушение позволит собирать урожай, который был посажен поздно, переувлажнен или ожидаются неблагоприятные климатические условия, но такой урожай может принести небольшую прибыль. В сочетании с передовой культурной практикой десикация может быть полезным и выгодным инструментом, но она не может полностью заменить агротехнику передовой практики [9].

Социально-экономические преобразования в сельском хозяйстве привели к ряду нежелательных последствий, таких как снижение плодородия почв из-за недостаточного внесения органических и минеральных удобрений и нарушение севооборотов из-за преобладания посевов зерновых колосовых культур и подсолнечника. Предотвратить дальнейшее снижение плодородия почв возможно, если увеличить площади под зернобобовые культуры, которые обладают уникальной способностью вступать в симбиоз с клубеньковыми бактериями и усваивать за вегетацию до 60-150 кг/га и более азота из воздуха. С пожнивными и корневыми остатками в почве остаётся в среднем около 50 % фиксированного азота, который в дальнейшем сохраняет плодородие почвы и повышает урожайность последующих культур [4].

Материалы и методы. Исследования по нуту проводились на темно-каштановых почвах в 2020-2021 гг. в КФХ «Гермагенов А. В.», обрабатывались посевами нута сорта Волгоградский 10, а по сое научные опыты были заложены в 2021 г. с сортом Волгоградка 2 на светло-каштановых почвах опытного поля ФГБНУ ВНИИОЗ.

Проведение исследований заключалось в осуществлении двух проходов опрыскивателя с каждым из исследуемых препаратов на всю длину поля за две недели до запланированной уборки урожая. На этих полосах в трехкратной повторности выделялись учетные делянки площадью 180 м² каждая, по которым прямым комбайнированием проводился учет урожая нута и сои. Сопутствующие наблюдения проведены согласно общепринятым методикам.

Опрыскивание билатором выполнялось довольно крепкой концентрацией в 30% с нормой расхода рабочей жидкости в 100 л/га. Учитывая, что плотность маточного раствора находится на уровне 1,43 г/см, то на требуемые 100 л/га выходило 21 л природного минерала.

Природный минерал – бишофит брался непосредственно из скважины. В последующем он подвергался воздействию электрического тока с использованием медьсодержащих электродов (с целью насыщения ионами меди) и получается его аналог – билатор.

Химические препараты – десиканты использовались из рекомендованных списком разрешенных пестицидов, и на нуте была использована калийная соль глифосата, а на сое десикант – реглон [3].

В последние годы широкое распространение получил такой прием в совершенствовании технологии возделывания нута и сои, как десикация или подсушивание их посевов за две недели до уборки урожая зерна. Этот прием с использованием десикантов способствует одновременному созреванию бобов и зерна всех ярусов данного бобового растения, что значительно сокращает отход зерна в непродуктивные потери. Помимо этого, важным моментом является подсушивание сорняковой массы, которая значительно усложняет уборку урожая и серьезно повышает влажность зерна. Поэтому в своих наблюдениях мы поставили вопрос по изучению эффективности данного приема в общей технологии возделывания нута и сои [7, 12]. Важным моментом в проведении этого элемента в технологии возделывания зернобобовых культур является и то, что посредством десикации прерывается дальнейшая вегетация бобового растения (не закладываются новые генеративные органы, растение перестает цвести и др.) и оно нацелено на максимальный налив зерна. Кроме того, посредством такого подсушивания можно добиться регулирования потенциальной урожайности различных ярусов бобов у растений данной культуры. Десикация затрагивает, к тому же, и качественные показатели зерна.

В качестве десикантов на посевах нута использовались два вида препаратов: химическое соединение и природный минерал. Первое – промышленно выпускаемое химическое вещество – калийная соль глифосата из расчета 360 г/л, ВР, используемого в качестве гербицида при сплошной обработке полей и десикации посевов поздно созреваемых культур и зернобобовых. Второе – природный минерал – бишофит, основу которого составляет преимущественно хлорид магния с примесью большого количества неорганических макро- и микроэлементов.

Урожайность оказалась при десикации на 14,0-19,0 % выше, чем у контрольного варианта (таблица 1). И это повышение легко объясняется теми процессами, которые возникают при подсушивании растений этой культуры. Из сравниваемых двух десикантов предпочтение нужно отдать природному минералу, несмотря на небольшую, но достоверную прибавку урожая. Это можно объяснить не только качеством подсушивания вегетативной массы, но и положительным воздействием массированного использования макро- и микроэлементов на окончательные результаты формирования и налива зерна в конце вегетации. К тому же следует предположить более высокую экологическую безопасность и экономическую эффективность по сравнению с химическим соединением.

Таблица 1 – Результаты проведения десикации на посевах нута за 2020-2021 гг.

Table 1 – Results of desiccation on chickpea crops for 2020-2021

Вариант	Происхождение	Норма расхода на 1 га, л	Урожай зерна, т/га			Прибавка урожая	
			2017 г	2018 г	Среднее за 2 года	т/га	%
Контроль (б/о)	-	-	1,04	0,96	1,00	-	-
Калийная соль гли-фосата, ВР, 360 г/л	химическое соединение	3,0	1,20	0,80	1,14	0,14	14,0
Билатор, 30 %	природный минерал	21,0	1,27	1,11	1,19	0,19	19,0
НСР ₀₅			0,04	0,02			

Описывая данные таблицы 1 по эффективности десикации на нуте, следует признать довольно значимым приемом в технологии возделывания этой культуры не только в повышение ее продуктивности, но и состояние посевов перед механической уборкой. Это одновременное подсушивание большинства бобов и готовность зерна при сборе урожая на 1,5-2,0 % по влажности ниже, чем на необработанных делянках, снижение засоренности из-за подсушивания нежелательной растительности, четкая работа уборочного агрегата, отсутствие окрашивания зерна в комбайне и другое.

Начиная с 1979 года в сельском хозяйстве Волгоградской области начали применять естественный минерал – бишофит, и впервые исследования с ним были проведены в животноводстве, где он применялся в качестве минеральной подкормки в рационах питания животных и показал хорошие положительные результаты.

Положительные результаты применения бишофита в животноводстве и медицинских целях позволили начать его изучение в растениеводстве, где впервые результаты исследований оказались достаточно эффективными.

Уникальное месторождение бишофита открыто ПО «Нижневолжскнефть». Запасы его, по данным ВолгоградНИПИнефть, исчисляются в миллиардах тонн. Добывается он путем подземного растворения пласта водой в районе Наримановского участка в Волгоградской области. На поверхность выкачивается раствор хлорида магния с примесями макро- и микроэлементов.

Природный бишофит – билатор, по данным ИОНХ АН СССР, имеет следующий состав масс, %: хлорид магния 90-96, сульфат кальция 0,1-0,7, хлорид натрия 0,1-0,4, хлорид калия 2,5-5,5, сульфат магния 0,1-2,5, бромид магния 0,4-0,95; микроэлементы: бор – 0,002-0,080, кадмий 0,003-0,005, висмут 0,0005-0,001, молибден 0,0005-0,001, железо 0,003-0,030, алюминий 0,001-0,020, титан 0,0005-0,001, медь 0,00001-0,003, кремний 0,02-0,20, барий 0,0001-0,0006; стронций 0,001-0,020, рубидий 0,0001-0,002, цезий 0,0001-0,001, литий 0,0001-0,0003.

Раствор билатора представляет маслянистую жидкость, бесцветную или желтоватого цвета, без запаха. Плотность 1,40-1,43 г/см, рН – 4,5-4,7. Температура замерзания – 20-30 °С.

Наиболее отработанными на данный момент являются следующие направления применения билатора в растениеводстве:

- предпосевная обработка (инкрустация) семян кормовых, зерновых и масличных культур;
- вегетационная (некорневая) подкормка;
- десикация поздних культур;
- использование бишофита как основной части препарата билатора для обработки и подкормки садов и огородных культур.

Исследования показали, что билатор, как хлорид магния и мультимикроэлементный препарат, повышает устойчивость растений к болезням, вредителям и их продуктивность. Это объясняется комплексным воздействием на растения двадцати макро- и микроэлементов, которые содержатся в природном минерале и столь необходимы для них. Все применяемые концентрации и дозы рабочего раствора билатора индивидуальны для каждого приема культуры и срока обработки.

Давая экономическую оценку результатов десикации посевов сои без инокуляции двумя препаратами разного происхождения (химическое соединение и природный минерал), следует сказать, что этот прием положительно сказывался на продуктивности этой культуры, увеличивая его на 12,2 % и 39 % относительно необработанного контроля (таблица 2). Использование химического соединения в виде реглона в качестве десиканта в 2021 году на делянках без инокуляции способствовало получению сбора зерна в 1,28 т/га, и прибавка составила 0,14 % от контрольного варианта. Применение природного минерала – билатора (30 %), в качестве десиканта обеспечивало получение урожая в 1,59 т/га, где прибавка оказалась на уровне 0,45 т/га. Исходя из этого следует признать превосходство природного минерала над химическим препаратом – реглон.

Таблица 2 – Результаты проведения десикации на посевах сои без инокуляции за 2021 год

Table 2 – Results of desiccation on soybean crops without inoculation for 2021

Варианты	Происхождение	Норма расхода на 1 га, л	Урожай зерна, т/га	Прибавка урожая	
			2021 год	т/га	%
Контроль (б/о)	-	-	1,14	-	-
Реглон	химическое соединение	3,0	1,28	0,14	12,2
Билатор, 30 %	природный минерал	21,0	1,59	0,45	39,0
НСР ₀₅			0,04		

Анализируя качественные показатели полученного зерна за 2021 год на сое (таблица 3), следует отметить, что изучаемый нами прием – десикация посевов в конце вегетации – положительно сказался на рассматриваемых качественных показателях. И если на контроле без проведения подсушивания сырой белок был получен в размере 33,0 %, сырой жир 18,6 % и клетчатка оказалась на уровне 10,08 %, то использование в качестве десикантов таких, как химическое соединение – реглон, также природный минерал – билатор – повышало эти значения. Наибольшими они оказались при использовании 30 % -го билатора и составили: сырой белок – 36,1 %, сырой жир – 21,1 %, клетчатка на уровне 13,1 %.

Таблица 3 - Качественные показатели по сое за 2021 год

Table 3 - Quality indicators for soybeans for 2021

№ п/п	Вариант опыта	Сырой белок, %	Сырой жир, %	Р, %	К, %	Клетчатка, %
1	Контроль (без обработки)	33,0	18,6	4,7	12,2	10,08
2	Десикация / реглон	34,8	18,8	4,9	12,8	12,02
3	Десикация / билатор	36,1	21,1	5,5	12,8	13,10

Делая сравнительную экономическую оценку десикации в среднем за два года, следует указать на лучшие показатели в денежном выражении при использовании билатора в 21 % концентрации над промышленным десикантом (таблица 4). Так, дополнительный чистый доход на 1 га при использовании калийной соли глифосата составил 3926 руб./га, а билатора – 7457 руб./га, а дополнительный чистый доход на 1 руб. дополнительных затрат соответственно получился в 1,67 руб. и 2,34 руб.

Таблица 4 – Сравнительная экономическая оценка десикации на нуте за 2020-2021 гг.

Table 4 – Comparative economic assessment of chickpea desiccation for 2020-2021

№ п/п	Вариант	Величина прибавки урожая, т/га	Стоимость 1 т, руб.	Стоимость прибавки урожая, руб.	Дополнительные затраты на 1 га, руб.	Дополнительный чистый доход, руб.	
						на 1 га	на 1 руб. дополнительных затрат
1	Калийная соль глифосата (ВР 360 г/л)	0,19	28000	5320,00	1994,00	3326,00	1,67
2	Билатор	0,38	28000	10640,00	3183,00	7457,00	2,34

Десикация же на сое в условиях 2021 года химическим соединением и природным минералом давала подобную картину, где просматривалось преимущество природного минерала на данной культуре (таблица 5). Поэтому дополнительный чистый доход на 1 га при использовании реглона составил 8929 руб., а билатора – 19 250 руб., а на рубль дополнительных затрат – 1,76-5,90 соответственно.

Таблица 5 – Сравнительная экономическая оценка десикации по сое за 2021 год

Table 5 – Comparative economic assessment of soybean desiccation for 2021

№ п/п	Вариант	Величина прибавки урожая, т/га	Стоимость 1 т, руб.	Стоимость прибавки урожая, руб.	Дополнительные затраты на 1 га, руб.	Дополнительный чистый доход, руб.	
						на 1 га	на 1 руб. дополнительных затрат
1	Реглон (2 л/га)	0,28	50000	14000,00	5071,00	8929,00	1,76
2	Билатор (21 л/га)	0,45	50000	22500,00	3250,00	19250,00	5,90

Выводы. На основании проведенных исследований можно сделать заключение, что в качестве десиканта в посевах нута в условиях темно-каштановых почв Волгоградской области можно применять для подсушивания растений промышленный препарат – калийную соль глифосата с нормой внесения 3 л/га и природный минерал – билатор с нормой 21 л/га. На посевах сои можно использовать реглон – 2 л/га и билатор с такой же дозировкой. Применение природного минерала в качестве десиканта оказалось наиболее эффективным и увеличивало продуктивность нута на 19 %, сои на 39 %, при этом повышая качество получаемого зерна и достигая уровня рентабельности по этим культурам в 234 % и 510 % соответственно. Помимо этого, природный минерал способствует получению экономически безопасной продукции.

Библиографический список

1. Атаманчук М. С., Чибис В. В., Бирюков А. В. Формирование урожая сои в зависимости от приемов возделывания в условиях южной лесостепи Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (42). С. 5-9.
2. Балашов В. В., Балашов А. В., Малахова А. А. Влияние гидротермических условий на элементы структуры урожая и урожайность сортов нута на каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2. С. 17-23.
3. Банькин В. Система семеноводства и технология возделывания нута: ответы на ключевые вопросы // Рынок АПК. 2017. №10. С. 34-39.
4. Веневцев В. З., Захарова М. Н. Эффективность применения гербицидов в посевах сои в условиях Рязанской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 2. С. 31-35.
5. Дурнев Г. И., Ятчук П. В. Соя: Новое в технологии возделывания на семена // Образование, наука и производство. Орел ГАУ. 2014. № 2. С. 83-88.

6. Малинина А. И., Ершов В. Л., Ломановский А. В. Контроль засоренности при возделывании сои в южной лесостепи Западной Сибири // Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири. Омск, 2020. С. 160-166.

7. Технология возделывания сои в Рязанской области с использованием интегрированной защиты растений: методическое пособие / В. З. Веневцев, М. Н. Захарова, Л. В. Рожкова, М. В. Лазурина, А. М. Яшин. Рязань, 2018. 28 с.

8. Тимошинов Р. В., Кушаева Е. Ж., Бабинцев Л. Е. Влияние десикации на продуктивность и биохимические качества сортов сои различных групп спелости // Аграрный вестник Приморья. 2017. № 2 (6). С. 11-13.

9. Чернищенко, П. В., Рябуха С. С., Шелякин В. О. Предуборочная десикация – важный элемент технологии выращивания в семеноводстве сои // Вестник ЦНЗАПВ Харьковской области. 2013. Вып. 14. С. 143-152.

10. Ятчук П. В. Влияние десикантов Реглон Супер и Торнадо на урожайность и качество зерна сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 1. С. 43-48.

11. Durnev G. I., Yatchuk P. V. The impact of desiccants and growth regulators on the sowing quality of soya seeds // Vestnik Orel GAU. 2013. V. 42. № 3. P. 24-28.

12. Harvester and transporting device development for high-quality soybean seeds obtaining / I. M. Prisyazhnaya, V. T. Sinogovskaya, S. P. Prisyazhnaya, M. O. Sinogovskii // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. Vol. 548. P. 62078.

13. Monitoring of the Combine with Smart Devices in Soybean Harvesting / K. Astanakulov, T. Abdillayev, G. Fozilov [et al.] // Supporting Sustainable Development by GIST: E3S Web of Conferences. Tashkent, 2021. Vol. 227. P. 07003.

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.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-05

INCREASING THE YIELD OF SPRING WHEAT DUE TO USE OF SEEDS WITH A LOW LEVEL OF INJURY

A. I. Ryadnov¹, Yu. N. Arylov²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

Received 30.09.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

The results of experimental studies of the effect of macrotrauma and microtrauma of seeds on the yield of spring soft wheat Kamyshinskaya 3 are presented. It is determined that 1% of macrotraumatized and microtraumatized seeds in the seed material reduces the yield of spring wheat by 0.02 – 0.03 t/ha and 0.007 – 0.008 t/ha, respectively. The more injury-free seeds there are in the actual seed material, the higher the quality of the grain used in the future as seed. This is one of the cardinal ways to increase the efficiency of grain production.

Abstract

Introduction. One of the most important indicators affecting not only the yield of grain crops, but also the consumption of seeds, is the quality of seeds. In the country, the overspending of grain seeds due to their poor quality is more than 5 million tons. At the same time, up to 30% of the sown areas in Russia are sown with substandard seeds. In the scientific works of scientists, the impact of various types of injuries of winter grain seeds on their productivity is sufficiently fully assessed. There are practically no scientific papers in this area

of research concerning spring grain crops, in particular, spring wheat. **The aim of the work** is to determine the effect of various types of injuries of spring wheat seeds on its yield. **Materials and methods.** The research was conducted in the north-western region of the Volgograd region during 2019 – 2021. The object of the study is spring soft wheat Kamyshinskaya 3, harvested manually from plots sown with seed material with different proportions of seeds with macro- and microtrauma, without injury, as well as actual. Each plot was divided into 9 plots: the first plot was sown with seeds without injuries, the second, third and fourth with seeds, of which the proportion of microtraumata was 30%, 60% and 90%, respectively, the fifth, sixth, seventh and eighth plots were sown with seeds with macrotraumas, the proportion of which was 15%, 30%, respectively, 45% and 60%, the ninth plot was sown with the seed material used in the farm, which is called actual. From the actual seed material, macrotraumatic seeds were selected – seeds with a dislodged embryo or with a chipped endosperm by volume of more than 30% and microtraumatic seeds – seeds with cracks in the endosperm. To select injured seeds with embryo and endosperm injuries, a method based on staining seeds with an aniline dye was used. Before sowing the actual seed material, the proportion of seeds with macro- and microtrauma was determined. The seeding rate in all cases was 3.8 million units/ha. Seeds of the first reproduction were used. The predecessor is winter wheat after steam. The area of each experimental plot was 27 m². The repetition of experiments is threefold. **Results and discussion.** The level of injury of the actual seed material was determined: it contained 13.64% of macrotraumatic, 54.43% of microtraumatic and 31.93% of seeds without injuries. It was found that seeds with macrotrauma of the embryo have the lowest laboratory germination (7.5%), seeds without injuries have a fairly high laboratory germination (99.75%). According to the results of experimental studies, mathematical dependences of the yield of spring wheat on the proportion of seeds with macro- and microtrauma in the seed material were obtained. It was found that plants in areas sown with seeds without injury have a maximum mass by the time of earing, the duration of earing of spring wheat averaged 11 days over the years of research in areas sown with seeds without injury, and when using seed material with 30% of macrotraumatic seeds, the duration of this period was 3 days longer; the duration of the milk state in areas sown with seeds without injury is 2 days less than in the case of using seed material with 30% of macrotraumatic seeds; the duration of the generative period of development of spring wheat can be shortened by using seeds without injury or with a minimum proportion of macrotraumatic. **Conclusion.** It was found that 1% of macrotraumatic and microtraumatic seeds in the seed material reduces the yield of spring wheat Kamyshinskaya 3 by 0.02 – 0.03 t/ha and 0.007 – 0.008 t/ha, respectively. The more injury-free seeds there are in the actual seed material, the higher the quality of the grain used in the future as seed. This is one of the cardinal ways to increase the efficiency of grain production.

Key words: *yield of spring wheat, macrotrauma and microtrauma of seeds, laboratory germination of seeds.*

Citation. Ryadnov A. I., Arylov Yu. N. Increasing the yield of spring wheat due to use of seeds with a low level of injury. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 45-52 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-05.

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 633.11:631.559.2

ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМЯН С НИЗКИМ УРОВНЕМ ТРАВМИРОВАНИЯ

А. И. Ряднов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Ю. Н. Арылов², доктор биологических наук, профессор

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, г. Элиста

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Одним из важнейших показателей, влияющих не только на урожайность зерновой культуры, но и расход семян, является качество семян. В стране перерасход семян зерновых культур из-за низкого их качества составляет более 5 млн т. При этом до 30 % посевных пло-

щадей в России засеваются некондиционными семенами. В научных работах ученых достаточно полно дана оценка влияния различных типов травм семян озимых зерновых культур на их урожайность. Научных работ в данном направлении исследований, касающихся яровых зерновых культур, в частности яровой пшеницы, практически нет. **Цель работы** – определить влияние различных типов травм семян яровой мягкой пшеницы на ее урожайность. **Материалы и методы.** Исследования проводились в северо-западном регионе Волгоградской области в течение 2019-2021 годов. **Объект исследования** – яровая мягкая пшеница Камышинская 3, убранная вручную с участков, засеянных посевным материалом с разной долей семян с макро- и микротравмами, без травм, а также фактическим. Каждый участок был разделен на 9 делянок: первая делянка засеивалась семенами без травм, вторая, третья и четвертая – семенами, из которых доля микротравмированных составляла соответственно 30 %, 60 % и 90 %, пятая, шестая, седьмая и восьмая делянки засеивались семенами с макротравмами, доля которых составляла соответственно 15 %, 30 %, 45 % и 60 %, девятая делянка засеивалась посевным материалом, используемым в хозяйстве, который назван фактическим. Из фактического посевного материала отбирались семена макротравмированные – семена с выбитым зародышем или с отколотым эндоспермом по объему более 30 % и микротравмированные – семена с трещинами в эндосперме. Для отбора травмированных семян с травмами зародыша и эндосперма использовался метод, основанный на окрашивании семян анилиновым красителем. Перед высевом фактического посевного материала определялась доля семян с макро- и микротравмами. Норма высева семян во всех случаях составляла 3,8 млн шт./га. Использовались семена первой репродукции. Предшественник – озимая пшеница после пара. Площадь каждого опытного участка равнялась 27 м². Повторность экспериментов – трехкратная. **Результаты и обсуждение.** Определен уровень травмирования фактического посевного материала: в нем содержалось 13,64 % макротравмированных, 54,43 % микротравмированных и 31,93 % семян без травм. Установлено, что семена с макротравмами зародыша имеют самую низкую лабораторную всхожесть (7,5 %), семена без травм имеют достаточно высокую лабораторную всхожесть (99,75 %). По результатам экспериментальных исследований получены математические зависимости урожайности яровой пшеницы от доли в посевном материале семян с макро- и микротравмами. Установлено, что растения на участках, засеянных семенами без травм, имеют к моменту колошения максимальную массу, продолжительность колошения яровой пшеницы составила в среднем за годы исследований 11 дней на участках, засеянных семенами без травм, а при использовании посевного материала с 30 % макротравмированных семян продолжительность этого периода была больше на 3 дня; продолжительность молочного состояния на участках, засеянных семенами без травм, на 2 дня меньше, чем в случае использования посевного материала с 30 % семян макротравмированных; продолжительность генеративного периода развития яровой пшеницы может быть сокращена путем использования семян без травм или с минимальной долей макротравмированных. **Заключение.** Установлено, что 1 % макротравмированных и микротравмированных семян в посевном материале снижает урожайность яровой пшеницы Камышинская 3 соответственно на 0,02-0,03 т/га и 0,007-0,008 т/га. Чем больше семян без травм имеется в фактическом посевном материале, тем качество зерна, используемого в будущем как семенное, будет выше. Это является одним из кардинальных путей повышения эффективности производства зерна.

Ключевые слова: урожайность яровой пшеницы, макротравмы семян, микротравмы семян, лабораторная всхожесть семян.

Цитирование. Ряднов А. И., Арылов Ю. Н. Повышение урожайности яровой пшеницы за счет использования семян с низким уровнем травмирования. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 45-52. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-05.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Эффективность зернопроизводства в сельскохозяйственных предприятиях зависит не только от валового сбора зерна, который определяется урожайностью и посевными площадями зерновых культур, но и от качества зерна, затрат труда и

средств на выполнение технологических операций по возделыванию и уборке зерновых культур и ряда других показателей. Один из таких показателей – качество семян. От качества семян зависит не только урожайность зерновой культуры, но и их расход. В работе [4] отмечено, что в стране перерасход семян зерновых культур из-за низкого их качества составляет более 5 млн т. При этом до 30 % посевных площадей в России засеваются некондиционными семенами [2].

Исследования автора настоящей работы [5, 6], а также известных ученых И. Г. Строны, А. П., Тарасенко, В. И. Орбинского, Э. В. Жалнина и других [8, 9, 11, 12] показали, что важнейшим фактором качества семян, влияющим на урожайность зерновых культур, является степень их травмирования и виды травм.

Авторы работы [10], используя рентгенографический метод, исследовали внутреннюю структуру зерновок овса, ячменя и пшеницы, на основе чего дали подробную классификацию повреждений семян исследуемых зерновых культур. Выделены следующие виды повреждения семян: вмятины в области зародыша и эндосперма, сколы и выбоины в эндосперме, внутренние трещины, повреждения зародыша. Повреждения зародыша приводили к снижению полевой всхожести на 87,0...88,75 % [10].

Обзор научных работ по оценке влияния травмирования семян зерновых культур на их урожайность показал, что в опубликованных работах даны результаты таких исследований, в основном, по озимым культурам, а по яровым культурам, в частности, яровой пшеницы, практически отсутствуют.

В настоящее время в хозяйствах Волгоградской области применяются сорта яровой мягкой пшеницы, адаптированные к засушливым условиям региона, такие как Фаворит, Фурор, Тулайковская Золотистая, Зинаида и Камышинская 3 [1]. Одним из наиболее распространенных сортов яровой мягкой пшеницы в хозяйствах Волгоградской области является сорт Камышинская 3 [3, 7]. Этот сорт яровой пшеницы распространен также в других регионах России и в зарубежных странах [13].

На основе анализа научно-исследовательских работ определена цель настоящей работы – определить степень влияния различных типов травм семян яровой мягкой пшеницы на ее урожайность.

Материалы и методы. Исследования проводились в течение трех лет (2019-2021 гг.) в ИП Березина Ю.И., поля которого находятся в Михайловском районе Волгоградской области. Почва участков – южный чернозем с содержанием гумуса 4,31-4,67 % в слое от 0 до 0,3 м. Сумма осадков в весенне-летний период вегетации яровой пшеницы в 2019 г. составила 131,2 мм, 2020 году – 149,6 мм и 2021 г. – 160,3 мм. Объект исследования – яровая мягкая пшеница Камышинская 3, убранная вручную с участков, засеянных посевным материалом с разной долей семян с макро- и микротравмами, без травм, а также фактическим. Каждый участок был разделен на 9 делянок: первая делянка засеивалась семенами без травм, вторая, третья и четвертая – семенами, из которых доля микротравмированных составляла соответственно 30 %, 60 % и 90 %, пятая, шестая, седьмая и восьмая делянки засеивались семенами с макротравмами, доля которых составляла соответственно 15 %, 30 %, 45 % и 60 %, девятая делянка засеивалась посевным материалом, используемым в хозяйстве, который назван фактическим. Из фактического посевного материала отбирались семена макротравмированные – семена с выбитым зародышем или с отколотым эндоспермом по объему более 30 % и микротравмированные – семена с трещинами в эндосперме. Для отбора травмированных семян с травмами зародыша и эндосперма использовался метод, основанный на окрашивании семян анилиновым красителем. Продолжительность окрашивания – одна минута. Использовался раствор 1 % концентрации зеленого цвета. После окрашивания семена промывались в воде, просушивались и рассматривались с помощью лупы с семикратным увеличением. Перед высевом фактического посевного материала определялась доля семян с макро- и микротравмами. Норма высева семян во всех

случаях составляла 3,8 млн шт./га. Использовались семена первой репродукции. Предшественник – озимая пшеница после пара. Площадь каждого опытного участка равнялась 27 м². Повторность экспериментов – трехкратная.

Результаты и обсуждение. Перед посевом на экспериментальные участки определялся уровень травмирования фактического посевного материала. Установлено, что в нем содержалось 13,64 % макротравмированных, 54,43 % микротравмированных семян и всего 31,93 % семян не имели травм.

Перед посевом определялась также лабораторная всхожесть семян с макро- и микротравмами зародыша и эндосперма, а также семян без травм и фактического посевного материала. Результаты исследований лабораторной всхожести семян представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Лабораторная всхожесть семян яровой пшеницы, %

Table 1 – Laboratory germination of spring wheat seeds, %

№ эксперимента	Вид травм			Без травм	Фактический посевной материал
	макротравмы		микротравмы зародыша и эндосперма 100%		
	зародыша 100 %	эндосперма 100 %			
1	7	25	94	100	95
2	8	23	94	99	96
3	6	24	92	100	95
4	9	23	93	100	96
Среднее значение	7,5	23,75	93,25	99,75	95,50

Из данных таблицы 1 следует, что семена с макротравмами зародыша имеют самую низкую лабораторную всхожесть. Значительное влияние на всхожесть оказывают макротравмы эндосперма. Семена без травм имеют достаточно высокую лабораторную всхожесть (99,75 %).

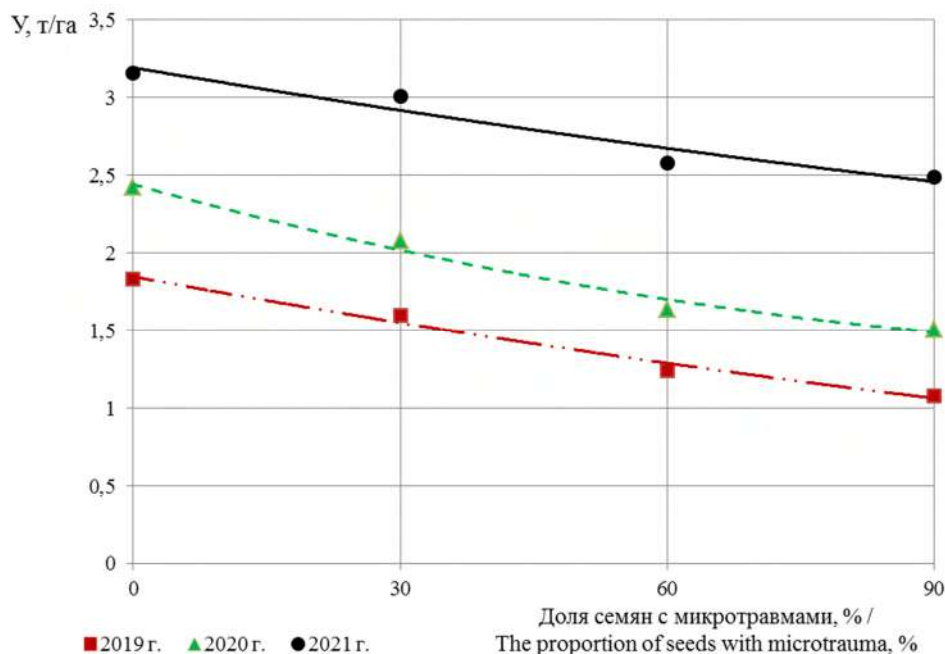


Рисунок 1 – Изменение урожайности яровой пшеницы от доли семян с микротравмами в посевном материале

Figure 1 – Change in the yield of spring wheat from the proportion of seeds with microtrauma in the seed material

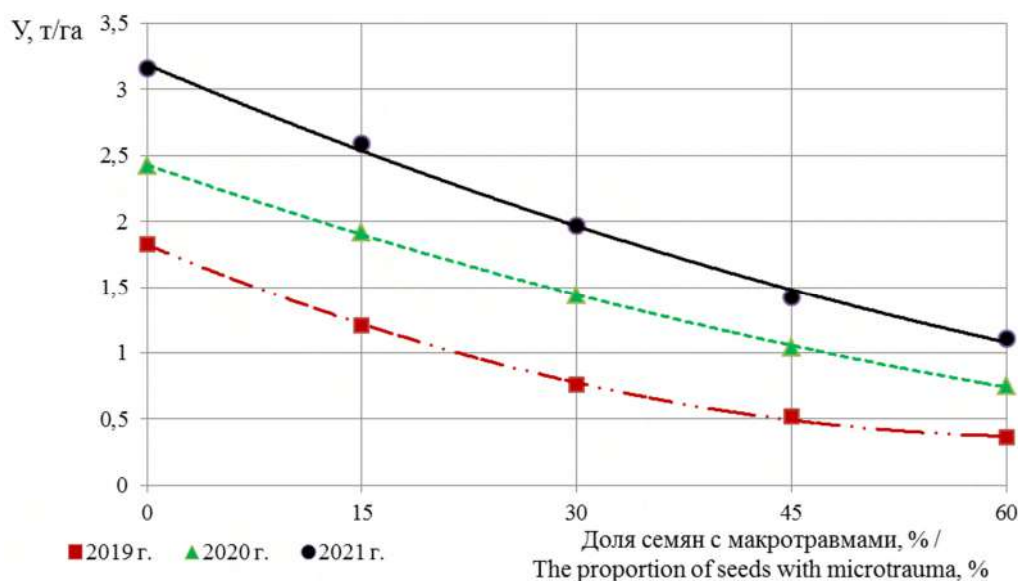


Рисунок 2 – Изменение урожайности яровой пшеницы от доли семян с макротравмами в посевном материале

Figure 2 – Change in the yield of spring wheat from the proportion of seeds with microtrauma in the seed material

Экспериментальные данные показали, что 1 % макротравмированных и микро-травмированных семян в посевном материале снижает урожайность яровой пшеницы Камышинская 3 соответственно на 0,02-0,03 т/га и 0,007-0,008 т/га.

На основе математической обработки графиков, представленных на рисунках 1 и 2, получены зависимости урожайности (Y) яровой пшеницы в годы исследований от доли в посевном материале семян с макротравмами ($D_{\text{Мтр}}$) и микро-травмами ($d_{\text{миктр}}$):

$$\text{2019 год: } Y = 0,0004D_{\text{Мтр}}^2 - 0,0457D_{\text{Мтр}} + 0,00002d_{\text{миктр}}^2 - 0,0105d_{\text{миктр}} + 1,823, \quad (1)$$

$$\text{2020 год: } Y = 0,0002D_{\text{Мтр}}^2 - 0,0377D_{\text{Мтр}} + 0,00006d_{\text{миктр}}^2 - 0,0158d_{\text{миктр}} + 2,429, \quad (2)$$

$$\text{2021 год: } Y = 0,0002D_{\text{Мтр}}^2 - 0,0464D_{\text{Мтр}} + 0,00002d_{\text{миктр}}^2 - 0,0096d_{\text{миктр}} + 3,188. \quad (3)$$

По данным уровня травмирования семян фактического посевного материала по зависимостям (1)...(3) рассчитана урожайность яровой пшеницы в годы исследований и определена разница в урожайности расчетной и действительной, полученной в хозяйстве (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетная и действительная урожайность яровой пшеницы, выращенной из фактического посевного материала

Table 2 – Estimated and actual yield of spring wheat grown from actual seed material

Год исследования	Расчетная урожайность, т/га	Действительная урожайность, т/га	Разность между расчетной и действительной урожайностями, т/га
2019	0,76	0,74	0,02
2020	1,27	1,26	0,01
2021	2,13	2,16	0,03

Из представленных в таблице 2 данных следует, что ошибка между расчетной и действительной урожайностями не превышает 1,5 %.

Экспериментальные исследования показали, что растения на участках, засеянных семенами без травм, имеют к моменту колошения максимальную массу, а величина урожая зерна с гектара и масса сухого вещества 100 растений ко времени колошения имеют значительную корреляцию.

Определено, что продолжительность колошения яровой пшеницы составила в среднем за годы исследований 11 дней на участках, засеянных семенами без травм, а при использовании посевного материала с 30 % макротравмированных семян продолжительность этого периода была больше на 3 дня.

Цветение яровой пшеницы наступило через 7 дней после колошения. Интенсивность цветения одного колоса на участках с посевным материалом без травм значительно выше, чем на участках, засеянных семенами с макротравмами.

Травмированность семян яровой пшеницы также оказала влияние на продолжительность молочного состояния зерна. Так, продолжительность молочного состояния на участках, засеянных семенами без травм, на 2 дня меньше, чем в случае использования посевного материала с 30 % семян макротравмированных.

Таким образом, продолжительность генеративного периода развития яровой пшеницы может быть сокращена путем использования семян без травм или с минимальной долей макротравмированных.

Пусть сумма эффективных температур, необходимая для развития растений на участках, засеянных семенами с травмами, равна $T_{эф.т}$, а на участках, где использовались семена без травм, – $T_{эф.о}$. Поскольку генеративный период растений из семян без травм меньше, чем из семян с травмами, то $T_{эф.т} > T_{эф.о}$.

В фактическом посевном материале имеются семена как без травм, так и с травмами различных видов. Тогда:

$$T_{эф.т} > T_{эф.ф} > T_{эф.о}, \quad (4)$$

где $T_{эф.ф}$ – сумма эффективных температур для растений, выросших из фактического посевного материала.

В связи с тем что уборка зерновых культур начинается в период, когда большая доля растений достигнет определенного состояния, то на участках, засеянных фактическим посевным материалом, растения, выросшие из семян без травм, получают сумму эффективных температур большую, чем требуется. Отметим, что с увеличением суммы эффективных температур в период формирования, налива и созревания зерна качество семян улучшается.

Выводы. Установлено, что 1 % макро- и микротравмированных семян в посевном материале снижает урожайность яровой пшеницы Камышинская 3 соответственно на 0,02-0,03 т/га и 0,007-0,008 т/га. Чем больше семян без травм имеется в фактическом посевном материале, тем качество зерна, используемого в будущем как семенное, будет выше. Это является одним из кардинальных путей повышения эффективности производства зерна.

Библиографический список

1. Зеленов А. В., Маркова И. Н. Перспективные сорта яровой мягкой пшеницы Камышинской селекции // Известия НВ АУК. 2021. № 2 (62). С. 109-119.
2. Кокина Л. П., Щенникова И. Н., Зайцева И. Ю. Травмирование как фактор снижения посевных качеств семян ячменя // Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2019. № 5 (175). С. 19-24.
3. Лаптина Ю. А., Бугреев Н. А., Шарапова Е. А. Продуктивность зерновых культур в богарных условиях на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 27-33.
4. Мякин В. Н., Урюпин С. Г. Травмирование семян при послеуборочной обработке и пути его снижения // Известия Оренбургского ГАУ. 2006. № 3 (11). С. 73-75.

5. Ряднов А. И. Технология уборки зерновых культур с выделением ценных семян // Аграрная наука. 2004. № 6. С. 15.
6. Ряднов А. И., Федорова О. А., Давыдова С. А. Оценка дробления и травмирования зерна озимой пшеницы при уборке соргоуборочным комбайном // Естественные науки. 2014. № 3. С. 75-79.
7. Селиванова В. Ю., Болдырь Д. А. Энергоэффективность осадков вегетационного периода яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 196-203.
8. Скорцова Ю. Г., ИONOва Е. В. Влияние травмирования семян озимой пшеницы на их посевные качества // Аграрный вестник Урала. 2015. № 11 (141). С. 16-19.
9. Совершенствование технологии получения качественных семян и продовольственного зерна / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский, М. Э. Мерчалова, Н. Н. Сорокин // Лесотехнический журнал. 2014. № 1. С. 36-41.
10. Травмирование внутренних структур зерновок как фактор снижения продуктивности семян зерновых культур / И. А. Пехальский, В. М. Кряжков, А. А. Артюшин, В. Ф. Сорочинский // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 117 (03). С. 783-792.
11. Троценко В. В., Забудский А. И. Лабораторная всхожесть микроповрежденных семян ячменя // Вестник Красноярского ГАУ. 2018. № 5 (140). С. 70-76.
12. Шарафутдинов М. Х., Нижегородцева Л. С., Сафин Р. И. Приемы профилактики травмированности семян яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. – 2017. № 2 (50). С. 69-72.
13. Productivity and grain quality of various types of spring wheat depending on seeding rates and nutrition background on gray forest soil of the Pre-Kama Region of the Republic of Tatarstan / F. Shaikhutdinov, M. Amirov, I. Serzhanov, R. Garaev, A. Akkoprü // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700076>.

Информация об авторах

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.

Арылов Юрий Нимеевич, профессор кафедры биотехнологии и животноводства, ФГБОУ «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова» (358000, Южный федеральный округ, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), Почетный работник сферы образования РФ, Заслуженный деятель науки Республики Калмыкия, доктор биологических наук, профессор.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6490-3837>. E-mail: kalmsaiga@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-06

FORECASTING THE DEVELOPMENT OF FORAGE PRODUCTION AND DAIRY CATTLE ASSOCIATED WITH IT USING THE METHODS OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING

N. V. Tyutyuma, A. A. Aitpaeva

*FGBNU «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
GAOU JSC VO «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering»*

Received 25.08.2022

Submitted 01.12.2022

Abstract

Introduction. In modern conditions, the role of economic methods is increasing in forecasting the development of individual branches of agriculture. The Astrakhan region is located in the south of Russia in the arid zone. Two-thirds of the arable land in the region is not used. The predominant emphasis on the cultivation of vegetables and potatoes led to the manifestation of numerous problems in the crop production of the Astrakhan region. The accumulation of harmful objects, the decrease in soil fertility, the negative balance of humus endanger the main means of agricultural production - irrigated and rainfed arable land. In this

regard, the role of economic and mathematical methods increases in optimizing the structure of sown areas, expanding forage crops in the regional agro-industrial complex, and overcoming the negative balance of humus. **Objects.** The object of research was the area of fodder crops, gross fodder yields, the number of cattle, including cows, and their milk productivity. **Materials and methods.** The study used methods of economic and mathematical modeling in order to predict the development of fodder production and dairy cattle breeding in the regional agro-industrial complex. **Results and conclusions.** The research results showed that the areas of fodder crops, fodder production, the number of cattle, including cows and milk production have a positive trend line. However, the growth rates are insufficient and the region in the next 5-10 years, if the observed trend continues, will not be able to ensure food security for the population in terms of milk and dairy products through domestic production.

Keywords: *yield programming, negative humus balance, fodder crops, economic and mathematical modeling, food security*

Citation. Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A. Forecasting the development of fodder production and dairy cattle breeding associated with it using methods of economic and mathematical modeling. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 52-59 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-06.

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

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

УДК 636.085:633.2/3

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И СОПРЯЖЕННОГО С НИМ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

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

А. А. Айтпаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, Черноярский район, кв-л Северный

ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Астрахань

Дата поступления в редакцию 25.08.2022

Дата принятия к печати 01.12.2022

Актуальность. В современных условиях возрастает роль экономических методов при прогнозировании развития отдельных отраслей сельского хозяйства. Астраханская область располагается на юге России в аридной зоне. Две третьих пахотных земель в регионе не используются. Преимущественный упор на выращивание овощей и картофеля обусловил появление многочисленных проблем в растениеводстве Астраханской области. Накопление вредных объектов, снижение почвенного плодородия, отрицательный баланс гумуса ставит под удар основное средство сельскохозяйственного производства – орошаемую и богарную пашню. В связи с этим возрастает роль экономико-математических методов при оптимизации структуры посевных площадей, расширении посевов кормовых культур в региональном АПК, преодолении отрицательного баланса гумуса. **Объект.** Объектом исследований выступали площади кормовых культур, валовые сборы кормов, численность крупного рогатого скота, в том числе коров, и их молочная продуктивность. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы экономико-математического моделирования с целью прогнозирования развития кормопроизводства и молочного скотоводства в региональном АПК. **Результаты и выводы.** Результаты исследований показали, что площади кормовых культур, производство кормов, поголовье КРС, в том числе коров, и производство молока имеют

положительную линию тренда. Однако темпы роста являются недостаточными, и регион в ближайшие 5-10 лет при сохранении существующей тенденции не сможет за счет внутреннего производства обеспечить продовольственную безопасность населения по молоку и молочным продуктам.

Ключевые слова: отрицательный баланс гумуса, кормовые культуры, экономико-математическое моделирование, продовольственная безопасность.

Цитирование. Тютюма Н. В., Айтпаева А. А. Прогнозирование развития кормопроизводства и сопряженного с ним молочного скотоводства с использованием методов экономико-математического моделирования. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 52-59. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-06.

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. В современных условиях в Астраханской области ситуация с использованием пахотных земель продолжает оставаться напряженной. Значительные массивы пашни брошены и не используются уже несколько десятилетий. Особую тревогу, как отмечает И. Г. Ушачев, вызывает наблюдающийся отрицательный баланс гумуса. Потеря плодородия основного ресурса сельскохозяйственного производства – орошаемой и богарной пашни – может привести к ухудшению параметров продовольственной безопасности на региональном уровне. В современных условиях Астраханская область обеспечивает продовольственную независимость за счет регионального производства только по овощным, бахчевым культурам, картофелю, яйцу пищевому и баранине. Диспропорции в развитии растениеводческих отраслей, нарушение системы научно-обоснованных севооборотов, игнорирование принципов зонального районирования сельскохозяйственных культур по зонам Астраханской области усугубляют ситуацию с производством сельскохозяйственной продукции в регионе и продовольственной самообеспеченностью в целом. Вышеперечисленные обстоятельства вызывают необходимость поиска путей преодоления негативных тенденций, одним из которых может стать расширение посевных площадей кормовых культур, значительно улучшающих почвенное плодородие. В этом плане особый интерес представляют многолетние бобовые травы, такие как люцерна, донник, эспарцет и другие, способные за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями фиксировать атмосферный азот и накапливать его в почве, тем самым стабилизируя ситуацию с балансом гумуса и значительно улучшая почвообразовательные процессы на пахотных массивах.

Основоположниками классических направлений применения экономико-математических методов в сфере планирования и управления земельными ресурсами на уровне сельскохозяйственных предприятий стали Р. Г. Кравченко, И. Г. Попов, которые ставили перед собой задачи оптимизации размещения посевных площадей. Сущность данных задач сводится к выделению территориальных единиц и оптимизации структуры посевных площадей, исходными данными являются значения урожайности различных сельскохозяйственных культур и количество вносимых удобрений по каждой территориальной единице. Критерий оптимальности – соотношение посевных площадей, которое необходимо для удовлетворения потребностей с минимальными затратами.

Необходимо отметить, что экономико-математическое моделирование как основа прогнозирования сводится к оптимизации структуры посевных площадей с учетом принципов зонального районирования сельскохозяйственных культур и с обязательным выполнением двух основополагающих условий, описанных в трудах В. С. Шевелухи: соответствие генотипа и среды, сорта и технологии. Внедрение научно-обоснованных многопольных севооборотов, планирование посевных площадей, внедрение цифровых

инструментов для мониторинга состояния пашни позволят значительно улучшить состояние пахотных массивов и преодолеть последствия отрицательного баланса гумуса. Изучению экономико-математического моделирования как основы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур посвящены исследования С. В. Анисимовой [1], Л. Б. Винничек, Г. А. Волковой, О. Н. Сухановой [2] и др.

В настоящее время ученые активно работают над вопросами прогнозирования урожая основных сельскохозяйственных культур (А. Н. Есаулко [5], В. Ю. Листков [6], К. Е. Сокаев и др. [9], Н. В. Степных и др. [7], З. И. Усанов, Н. С. Черников [10] и др.).

Материалы и методы. Целью исследований является разработка экономико-математической модели прогнозирования валовых сборов кормовых культур в аридной зоне в контексте глобальных экологических вызовов и преодоления отрицательного баланса гумуса. Постановка цели обусловила выделение следующих задач: 1. Выявить взаимозависимость развития кормопроизводства и молочного скотоводства. 2. Разработать экономико-математическую модель прогнозирования развития кормопроизводства и молочного скотоводства в региональном АПК. Исследование отличается системный подход, направленный на комплексное изучение поставленных задач. В исследованиях найдут широкое применение фундаментальные положения теории систем и экономико-математического моделирования. Методы экономико-математического моделирования позволят определить тренды развития производства кормовых культур в конкретном регионе.

Результаты и обсуждение. В современных условиях молочную продуктивность коров в регионе можно выразить как производную функцию трех переменных, среди которых генетический потенциал молочной продуктивности породы, уровень кормления и содержания:

$$Y=F [\text{ГПП}, K, C],$$

где ГПП – генетический потенциал молочной продуктивности породы скота, К – уровень кормления, С – условия содержания.

Обязательное условие заключается в том, что молочная порода скота должна быть адаптирована к конкретным условиям региона, в том числе и к кормовой базе.

Сложность преодоления дефицита производства кормов и молока в ближайшие годы подтверждает разработанная экономико-математическая трендовая модель на основе полиномиальных кривых роста (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии (площадь кормовых культур)

Table 1 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters (area of fodder crops)

Год	Yt	t-tcp	(t-tcp)x(t-tcp)	Yt -ycp	(t-tcp)x(Yt -ycp)
1	13 995	-4,5	20,25	-3283,5	14 775,8
2	17 137	-3,5	12,25	-141,5	495,3
3	14 645	-2,5	6,25	-2633,5	6583,8
4	15 149	-1,5	2,25	-2129,5	3194,3
5	16 756	-0,5	0,25	-522,5	261,3
6	21 062	0,5	0,25	3783,5	1891,8
7	21 194	1,5	2,25	3915,5	5873,3
8	23 177	2,5	6,25	5898,5	14 746,3
9	22 344	3,5	12,25	5065,5	17 729,3
10	22 326	4,5	20,25	5047,5	22 713,8
Сумма 55	172 785		82,5		88 265
Среднее 5,5	17 278,5				

Анализ проводился с помощью создания трендовых моделей экономической динамики с последующим прогнозированием площади кормовых культур и производства кормов в Астраханской области. Прогнозирование на основе временного ряда экономических показателей относится к одномерным методам прогнозирования, основанным на продолжении на будущее тенденции, наблюдавшейся в прошлом. В исследованиях применялся метод экстраполяции, результатом которого явилось определение полиномиальных кривых роста (полинома первой степени).

Анализ данных таблицы 1 показал, что площадь кормовых культур в регионе с 2011 по 2020 гг. возросла в 1,6 раза. Оценка параметров регрессии: $a_1=88265/82,5=1069,9$; $a_0=17278,5-1069,9 \times 5,5=11394,1$.

Таблица 2 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии (производство кормов)

Table 2 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters (feed production)

Год	Y_t	$t-tcp$	$(t-tcp) \times (t-tcp)$	$Y_t - y_{cp}$	$(t-tcp) \times (Y_t - y_{cp})$
1	46 184	-4,5	20,25	-14441,7	64 987,7
2	56 552	-3,5	12,25	-4073,7	14 257,9
3	48 328	-2,5	6,25	-12297,7	30 744,3
4	49 992	-1,5	2,25	-10633,7	15 950,6
5	59 525	-0,5	0,25	-1100,7	550,4
6	71 782	0,5	0,25	11156,3	5578,2
7	63 818	1,5	2,25	3192,3	4788,5
8	69 096	2,5	6,25	8470,3	21 175,8
9	67 220	3,5	12,25	6594,3	23 080,1
10	73 760	4,5	20,25	13134,3	59 104,4
Сумма 55	606 257		82,5		240 217,9
Среднее 5,5	60 625,7				

Производство кормов в Астраханской области с 2011 по 2020 гг. возросло в 1,6 раза. Оценка параметров регрессии: $a_1=240217,9/82,5=2911,7$; $a_0=60625,7-2911,7 \times 5,5=44611,4$.

Таблица 3 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии (поголовье КРС)

Table 3 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters (number of cattle)

Год	Y_t	$t-tcp$	$(t-tcp) \times (t-tcp)$	$Y_t - y_{cp}$	$(t-tcp) \times (Y_t - y_{cp})$
1	262,5	-4,5	20,25	-19,4	87,3
2	273,3	-3,5	12,25	-8,6	30,1
3	278,1	-2,5	6,25	-3,8	9,5
4	275,4	-1,5	2,25	-6,5	9,75
5	275,4	-0,5	0,25	-6,5	3,25
6	284,5	0,5	0,25	2,6	1,3
7	288,2	1,5	2,25	6,3	9,45
8	293,8	2,5	6,25	11,9	29,75
9	294,1	3,5	12,25	12,2	42,7
10	294,1	4,5	20,25	12,2	54,9
Сумма 55	2819,4		82,5		278
Среднее 5,5	281,9				

В исследованиях рассматривается 10-летний период – с 2011 по 2020 гг. Поголовье КРС в регионе с 2011 по 2020 гг. возросло в 1,12 раза. Оценка параметров регрессии: $a_1=278/82,5=3,37$; $a_0=281,9-3,37 \times 5,5=263,4$.

Таблица 4 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(поголовье коров)

Table 4 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters (number of cows)

Год	Y_t	$t-tcp$	$(t-tcp)x(t-tcp)$	$Y_t - y_{cp}$	$(t-tcp)x(Y_t - y_{cp})$
1	2	3	4	5	6
1	139,9	-4,5	20,25	-8,8	39,6
2	144,8	-3,5	12,25	-3,9	13,65
3	147,9	-2,5	6,25	-0,8	2
4	148,2	-1,5	2,25	-0,5	0,75
5	148,2	-0,5	0,25	-0,5	0,25
6	146,3	0,5	0,25	-2,4	-1,2
7	143,9	1,5	2,25	-4,8	-7,2
8	155,6	2,5	6,25	6,9	17,25
9	156,0	3,5	12,25	7,3	25,55
10	156,2	4,5	20,25	7,5	33,75
Сумма 55	1487		82,5		124,4
Среднее 5,5	148,7				

Поголовье коров в АПК Астраханской области за 10 лет увеличилось в 1,1 раза. Оценка параметров регрессии: $a_1=124,4/82,5=1,5$; $a_0=148,7-1,5 \times 5,5=140,45$.

Таблица 5 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(производство молока)

Table 5 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters (milk production)

Год	Y_t	$t-tcp$	$(t-tcp)x(t-tcp)$	$Y_t - y_{cp}$	$(t-tcp)x(Y_t - y_{cp})$
1	164	-4,5	20,25	-9	40,5
2	170,1	-3,5	12,25	-2,9	10,2
3	171,4	-2,5	6,25	-1,6	4
4	172	-1,5	2,25	-1	1,5
5	172,9	-0,5	0,25	-0,1	0,05
6	173	0,5	0,25	0	0
7	175,3	1,5	2,25	2,3	3,5
8	176,3	2,5	6,25	3,3	8,3
9	177,1	3,5	12,25	4,1	14,4
10	178	4,5	20,25	5	22,5
Сумма 55	1730,1		82,5		104,9
Среднее 5,5	173				

Производство молока в регионе с 2011 по 2020 гг. возросло в 1,1 раза. Оценка параметров регрессии: $a_1=104,9/82,5=1,3$; $a_0=173-1,3 \times 5,5=165,9$.

Проведенные расчеты позволили обозначить тренды развития кормопроизводства и молочного скотоводства в Астраханской области (таблица 6)

Таблица 6 – Тренды развития молочного скотоводства в Астраханской области

Table 6 – Dairy cattle breeding development trends in the Astrakhan region

Экстраполируемый показатель	Уравнение тренда
Площадь кормовых культур, га	$Y_t=11394,1+1069,9t$
Производство кормов, т	$Y_t=44611,4+2911,7t$
Поголовье КРС, тыс. голов	$Y_t=263,4+3,4t$
Поголовье коров, тыс. голов	$Y_t=140,45+1,5t$
Производство молока, тыс. т	$Y_t=165,9+1,3t$

Согласно полученным результатам, такие показатели, как площади кормовых культур, производство кормов, поголовье КРС, в том числе коров и производство молока имеют положительную линию тренда (таблица 6).

Вместе с тем в регионе ежегодный рост объемов производства кормов и молока остается недостаточным, и в ближайшие годы Астраханская область не сможет достичь нижнего порога продовольственной безопасности по молоку и молочным продуктам. Данное положение также подтверждено исследованиями Р. А. Набиева, Р. К. Арыкабаева, А. А. Айтпаевой [8], Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. [11, 12]. Большинство ученых сходятся во мнении о том, что кормопроизводство и молочное скотоводство необходимо рассматривать как взаимозависимую систему, в которой производство кормов выступает функцией, а молочная продуктивность коров – производной функции.

Таблица 7 – Необходимый и прогнозируемый объем производства молока в Астраханской области

Table 7 – Necessary and projected volume of milk production in the Astrakhan region

Наименование	Необходимый объем производства молока в 2025 году с учетом прироста населения и достижения параметров продовольственной самообеспеченности, тыс. т	Прогнозируемый объем производства в 2025 году, рассчитанный на основе метода экстраполяции, тыс. т
Молоко	429	207

Выводы. Результаты исследований показали, что за рассматриваемый 10-летний период посевные площади под кормовыми культурами и валовые сборы кормов выросли в 1,6 раза, тогда как молочная продуктивность коров всего в 1,1 раза. Этот факт свидетельствует о том, что увеличение урожайности кормовых культур и количество потребляемых сельскохозяйственными животными кормов не гарантирует ускоренного роста производства молока. Молочная продуктивность коров во многом определяется полноценностью и сбалансированностью кормовых рационов по потреблению основных питательных веществ, макро- и микроэлементов.

Библиографический список

1. Анисимова С.В. Применение методов математического моделирования в аграрной экономике // Научные записки молодых исследователей. 2015. № 6. С. 44-48.
2. Винничек Л. Б., Волкова Г. А., Суханова О. Н. Экономико-математическое моделирование как инструмент прогнозирования в растениеводстве // Московский экономический журнал. 2021. № 11. С. 270-278.
3. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, Б. С. Калоев, З. А. Кубатиева, Р. В. Калагова // Агрохимия. 2019. № 4. С. 31–38.
4. Воронов С. И., Плескачев Ю. Н., Ильяшенко П. В. Конвергентный подход к управлению урожаем озимой пшеницы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1 (373). С. 79-80.
5. Есаулко А. Н., Ожередова А. Ю., Громова Н. В. Оптимизация питания сортов озимой пшеницы путем внесения расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 3–7.
6. Листков, В. Ю. Основы программирования урожайности овса в зависимости от различных факторов в условиях Новосибирской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 60–65.
7. Методы анализа и проектирования системы удобрения яровой пшеницы для формализации принятия решений в условиях Зауралья / Н. В. Степных, А. Н. Копылов, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян // Агрохимия. 2020. № 4. С. 19-29.
8. Набиев Р. А., Арыкбаев Р. К., Айтпаева А. А. Продовольственная безопасность региона: оценка и пути обеспечения // Вестник Астраханского технического университета. Серия экономика-2016.-№3.-С.53-61
9. Рекомендации по программированию урожаев кукурузы на основных типах почв

предгорий Северного Кавказа / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев, С. М. Бесланев, Р. М. Сокаева // Агрохимический вестник. 2020. № 6. С. 12-14.

10. Усанова З. И., Черникова Н. С. Формирование запрограммированных урожаев разных сортов картофеля // Успехи современного естествознания. 2020. № 3. С. 40-49.

11. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Strategic directions of development of dairy cattle breeding in the region in the conditions of modern challenges // Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2019. № 39.

12. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Benchmarking Study on the Level of Food Security of Southern Russia Regions on the Basis of Innovative Approaches // Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: a response to global challenges. Volgograd, 2018. № 39.

Информация об авторах

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

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», начальник отдела НИР Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (414056, Астраханская обл., г. Астрахань, ул. Татищева, 18.) Email: .arman.bisaliyev2012@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3898-5813

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-07

ANALYSIS AND COMPARISON IN METHODS TO REMOVE BEAN FLAVOR IN CHICKPEAS

V. N. Khramova¹, D. I. Surkov¹, K. A. Lubchinsky¹, T. Yu. Zhivotova²

¹*Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia*

²*Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia*

Received 23.09.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. Chickpeas is high in protein, but its use in foods is limited. Undesirable legume taste is reason for limitation. We can solve the problem of taste by soaking seeds. But this method has two problems. The first - very long process in time, the second - loss of a large amount of nutrients. Getting rid of the legume taste and investigating the chemical composition of the final product is an urgent task of our research. **Objects.** Chickpea prototypes taken for study. The first sample was irradiated for 5 minutes with a power 200 W (prototype). Other samples we soaked in 1% aqueous citric acid solution for 6 hours. The control sample was subjected to the same tests. Research objective, is to compare and analyze the control and test samples obtained under various treatment modes, in which the legume taste decreases until it disappears completely. **Materials and methods.** Protein mass fraction is measured according to GOST 10846-91. Mass fraction of moisture is measured in accordance with GOST 54951-2012. Capillary electrophoresis system "Capel-105M" is used to determine the amino acid composition. Calculation of amino acid score and amino acid index was performed according to conventional methods. **Results and conclusions.** In the course of our work, the following facts were determined, the removal of legume taste with using microwave radiation has positive and negative aspects. The advantages of our method is reduction of processing time and reduced contamination, as well as minimizing the loss of the corresponding amino acids, such as: arginine until to 22% , tyrosine- loss reduction until to 17.9%, proline- loss reduction until to 17.4%, histidine - loss reduction until to 15.9%, phenylalanine - loss reduction until to 10.9%, serine - loss reduction until to 10.8%, threonine - loss reduction until to 10.3%, alanine - loss reduction until to 8.6%, glycine - loss reduction until to 7.7%, methionine - loss reduction until to 7.7% and lysine - loss reduction until to 6.5%. Unfortunately, this method has a lower value of the total number of essential amino acids and the amino acid score. The reason is a higher content of leucine and isoleucine, valine and tryptophan - by

28.8%, 13.7% and 1.3%, respectively. We determined that regardless of the technology, the amino acid score drops, it indicates a deterioration in the nutritional and biological value of chickpeas. The main limiting amino acid is methionine, the amino acid score no more 17%, this fact should be used during the development of modern food products with chickpeas.

Key words: Chickpeas, bean taste, microwave energy, soaking, lemon acid, amino acid composition, amino acid score, protein.

Citation. Khramova V. N., Surkov D. I., Lubchinsky K. A., Zhivotova T. Yu. Analysis and comparison in methods to remove bean flavor in chickpeas. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 59-69 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-07.

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

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

УДК 635.07

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ИЗБАВЛЕНИЯ НУТА ОТ БОБОВОГО ПРИВКУСА

В. Н. Храмова¹, доктор биологических наук, профессор

Д. И. Сурков¹, аспирант

К. А. Лубчинский¹, аспирант

Т. Ю. Животова², кандидат биологических наук, доцент

¹Волгоградский государственный технический университет, (ВолгГТУ),
г. Волгоград, Россия

²Донской государственный аграрный университет (ДонГАУ), пос. Персиановский,
Ростовская область, Россия

Дата поступления в редакцию 23.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Нут обладает высоким содержанием белка, но его использование в пищевых продуктах ограничено. Это связано с наличием в нем нежелательного бобового привкуса. Для его устранения используют замачивание, но этот процесс длительный и ведет к потере питательных веществ. Поиск других способов избавления от бобового привкуса и изучение их влияния на химический состав нута является актуальной задачей. **Объекты.** Для исследования выращены опытные образцы нута сорта «Волжанин», которые в первом случае обработаны микроволновым излучением в течение 5 минут при мощности 200 Вт, а во втором с помощью замачивания в 1% водном растворе лимонной кислоты продолжительностью до 6 часов. Так же исследован контрольный образец, который не подвергали обработке. **Цель** исследования состоит в сравнении и анализе контрольного и опытного образцов, полученных при различных режимах обработки, при которых происходит уменьшение бобового привкуса до полного его исчезновения. **Материалы и методы.** Измерение массовой доли белка проведено по ГОСТ 10846-91, а массовой доли влаги по ГОСТ 54951-2012. Определение аминокислотного состава осуществлено с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105М». Расчет аминокислотного сора и аминокислотного индекса выполнили по общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** В результате исследований отмечено, что удаление бобового привкуса с помощью микроволнового излучения имеет в сравнении с замачиванием, как положительные, так и отрицательные стороны. К достоинствам можно отнести время обработки и снижение обсеменности, а также увеличение массовой доли белка и уменьшение потерь таких аминокислот, как аргинин на 22,6%, тирозин – 17,9%, пролин – 17,4%, гистидин – 15,9%, фенилаланин – 10,9%, серин – 10,8%, треонин – 10,3%, аланин – 8,6%, глицин – 7,7%, метионин – 7,7% и лизин на 6,5%. Однако этот способ обработки обладает меньшим значением общего количества незаменимых аминокислот и аминокислотного сора. Это связано с более высоким содержанием лейцина с изолейцином, валина и триптофана – на 28,8%, 13,7% и 1,3% соответственно. Стоит отметить, что вне за-

висимости от способа обработки аминокислотный скор падает, что свидетельствует об ухудшении пищевой и биологической ценности нута. При этом главной лимитирующей аминокислотой выступает метионин, аминокислотный скор которого не превышает 17%, что необходимо учитывать при разработке новых продуктов питания с использованием нута.

Ключевые слова: нут, бобовый привкус, пищевой белок, замачивание нута, аминокислотный состав нута, аминокислотный скор.

Цитирование. Храмова В. Н., Сурков Д. И., Лубчинский К. А., Животова Т. Ю. Анализ и сравнение способов избавления нута от бобового привкуса. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 59-69. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-07.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современном мире существует дефицит пищевого белка. Его недостаток негативно влияет на широкий спектр функции организма, так как протеин – один из важнейших компонентов жизни на Земле. Недостаток белка в рационе может привести к заболеваниям алиментарной этиологии и ухудшить качество жизни человека. Принято считать, что в мире в среднем человек потребляет 60 г белка в сутки. Это нижняя планка физиологической потребности для женщин – 60-90 г / сутки, а для мужчин этого недостаточно. Им необходимо 75-114 г белка в сутки [5].

Для решения проблемы дефицита белка создают функциональные продукты питания. В их состав можно внести нут [19]. Он содержит много растительного белка, массовая доля которого в зависимости от сорта от 18 до 32 %. Белки нута хорошо растворяются в воде (до 62 %) и 0,05%-ном растворе соляной кислоты (90%). Нут обладает сбалансированным аминокислотным составом, который близок к аминокислотному составу белков мяса, а также содержит большое количество витаминов В₂ (510 мкг), В₅ (1,6 мг) и В₆ (535 мкг) и минеральных веществ. Например, калия (968 мг), кальция (193 мг), магния (126 мг), фосфора (444 мг), кобальта (10 мг), марганца (2,1 мг), меди (0,66 мг) и молибдена (60 мкг). При этом у нута самое высокое содержание железа (2,6 мг), цинка (2,9 мг) и селена (28,5 мг) среди бобовых. Кроме того, по различным данным нут содержит от 50 до 67 % углеводов, золы – 2,8-4,0 % и от 4,9 до 8 % липидов, среди которых много таких незаменимых жирных кислот, как линолевой (42,3 %) и олеиновой (21,8 %) [1, 8-11].

Сорт «Волжанин» обладает повышенной устойчивостью к полеганию, засухоустойчив, жаровынослив, а также не подвержен к растрескиванию и опадению бобов, что позволяет выращивать нут в условиях изменчивого климата в засушливых регионах России. В отличие от других бобовых растений нут часто приносит стабильные урожаи. Вне зависимости от сорта он обладает нежелательным бобовым привкусом, который ограничивает использование семян в производстве продуктов питания [6].

Для решения этой проблемы существует несколько способов. Например, замачивание нута в подкисленных растворах. Этот процесс сопровождается гидролизом и набуханием белка. Он зависит от природы растворителя и химических соединений продукта, а также от присутствия электролитов и величины pH. В сравнении с другими бобовыми нут обладает наибольшей скоростью набухания [7].

Еще одним способом избавления нута от бобового привкуса является обработка его с помощью микроволнового излучения. При традиционном способе нагрев происходит от поверхности к центру. Если теплопроводность нагреваемого объекта низка, то

температурная обработка будет происходить медленно, что может вызвать локальный перегрев поверхности и произойти её подгорание. Обработка продуктов питания при помощи микроволнового излучения лишено этого недостатка, так как нагрев происходит по всему объему. Механизм процесса связан с поглощением микроволновой энергии полярными молекулами. Наложение на них внешнего электрического поля ведёт не только к изменению величины электрического дипольного момента, но и к повороту оси молекулы по направлению поля. Благодаря вынужденному дипольному вращению и возникающему при этом межмолекулярному трению, происходит выделение тепла. Интенсивность этого процесса сильно зависит от количества полярных молекул (в пищевых продуктах в основном воды), чем их больше – тем эффективнее [18].

В пищевой промышленности микроволновую обработку применяют для сушки. Регулируя мощность излучения, можно достичь различной влажности конечного продукта. Микроволны используют для пастеризации и стерилизации. Это возможно за счёт инактивации бактериальных ферментов и разрушения структурных элементов микробной клетки под действием микроволн [13, 15, 20]. Однако несмотря на быстроту и эффективность этого способа, как и тепловая обработка, он вызывает деградацию витаминов и денатурацию белков, которая идёт вместе с изменением их вторичных структур, разрыхлением консистенции и разрушением аминокислот. Чем дольше идёт процесс, тем больше протекает таких химических превращений [3, 12, 14, 16, 17].

Цель исследования – сравнение и изучение органолептических и физико-химических свойств образцов нута, полученных при обработке микроволновым излучением и замачивании в 1 %-ном растворе лимонной кислоты.

Материалы и методы. Для проведения исследования в условиях лаборатории кафедры технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» выработаны опытные образцы нута. В исследовании использован нут сорта «Волжанин», который выращен на полях Волгоградской области в 2021 году. Семена без какой-либо обработки выступают в качестве контрольного образца.

Выработку опытного образца, обработанного микроволнами, проводили в микроволновой печи в течение 5 минут при мощности излучения 200 Вт (частота магнетрона 2450 МГц). Это позволяет избавить нут от бобового привкуса.

Для выработки опытных образцов, полученных с помощью замачивания, использованы полипропиленовые пластиковые контейнеры (150 x 130 x 60 мм). В них помещали по 50 г нута, которые предварительно промыли в проточной воде. Затем семена заливали 1 % раствором лимонной кислоты. Объем залитой жидкости составил 250 мл (такой объём раствора позволяет покрыть нут полностью и сделать между ним и воздухом прослойку жидкости 10 мм). Обработку проводили при температуре 25 °С. После выработки образцов их вынимали, выкладывали на пергамент, давали 5 минут стечь, взвешивали и оставляли на подсушку еще на 12 часов.

Для осуществления сравнения способов обработки нута между собой и с контрольным образцом необходимо определить массовую долю белка, содержание влаги и аминокислотный состав. Эти исследования проведены в аккредитованной комплексной аналитической лаборатории ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции».

Определение массовой доли белка проведено по методике из ГОСТ 10846-91, суть которой заключена в минерализации органического вещества серной кислотой в присутствии катализатора с образованием сульфата аммония, разрушении его щелочью с выделением аммиака, который отгоняли водяным паром в раствор серной или борной кислоты с последующим титрованием.

Определение массовой доли влаги осуществлено с применением метода исследования из ГОСТ 54951-2012, который основан на определении потери массы анализируемой пробы при высушивании при 103°C в сушильном шкафу в течение 4 часов.

Определение аминокислотного состава проведено с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105М», позволяющей получить значение массовой доли аминокислот путём перевода ее в фенилтиокарбамильные производные при помощи фенилизотиоцианата и разделении их ионных форм в кварцевом капилляре под действием электрического поля. Регистрацию фенилтиокарбамильных-производных производят при длине волны 254 нм в буферных растворах.

Определение аминокислотного сора (АС) и аминокислотного индекса (АИ) контрольного и опытных образцов нута проведено расчетным путем.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования проведена органолептическая оценка образцов. Контрольный образец, измельченный в муку, обладает ярко выраженным бобовым привкусом. В процессе замачивания нут поглощает воду и размягчается, а также теряет бобовый привкус, который постепенно пропадает в течение 4 часов. Микроволновая обработка позволяет достичь того же эффекта за 5 минут при мощности излучения 200 Вт. Стоит отметить, что увеличение продолжительности замачивания свыше 4 часов не оказало заметного влияния на вкус нута, но повлияло на размер зёрен, которые через 6 часов от начала процесса выросли в диаметре в два раза.

В таблице 1 показан химический состав образцов и их аминокислотный индекс. Кроме того, приведена информация о режиме обработки.

Таблица 1 – Химический состав образцов

Table 1 – Chemical composition of samples

№	Образец / Sample	Время обработки / Processing time	Массовая доля, % / Content, %		АИ / Amino acid index
			белок / protein	влага / moisture	
1	Контрольный / Control sample	–	18,75	2,5	1,080
2	Опытный (микроволны) / Experimental sample (microwave treatment)	5 мин / 5 min	18,84	4,5	1,119
3	Опытный (замачивание №1) / Experi- mental sample (soaking #1)	2 ч / 2 h	18,96	4,3	1,552
4	Опытный (замачивание №2) / Experi- mental sample (soaking #2)	4 ч / 4 h	18,15	4,7	1,305
5	Опытный (замачивание №3) / Experi- mental sample (soaking #3)	6 ч / 6 h	18,34	5,0	1,463

По результатам проведенных исследований было выявлено увеличение белка в опытных образцах под номерами 2 и 3. В первом случае это связано с тем, что при нагреве с помощью микроволнового излучения происходит испарение свободной влаги из зёрен. При этом падает масса нута (результаты измерения массы образцов показаны в таблице 2), что ведёт к увеличению массовой доли других веществ, в том числе оставшейся после микроволновой обработки связанной влаги.

Однако обработка микроволновым излучением фактически способствует уменьшению количества всех составных частей нута за счёт денатурации белка до пептидов и образование безазотистых низкомолекулярных органических соединений. Согласно другим исследованиям [14, 16, 17], так же происходит деградация витаминов и изменение структурных компонентов нута, что приводит к разрыхлению консистенции.

Во втором случае, при обработке нута с помощью замачивания, происходит гидратация и набухание белка, что способствует возрастанию его массовой доли в первые два часа. С увеличением количества влаги в нуте возрастает его масса и возникают химические реакции связанные с проращиванием зерна. Растёт активность ферментов, происходит гидролиз белка, аминокислот и крахмала [2, 4].

Как видно из таблицы 1, контрольный образец нута уступает по аминокислотному индексу всем опытным образцам. Это связано с уменьшением общего количества аминокислот. Причём больше потерь возникает среди заменимых и незаменимых аминокислот. Кроме того, по данным ФАО / ВОЗ величина аминокислотного индекса, соответствующая идеальному соотношению аминокислот, должна составлять 0,56. Отдаление от этого значения свидетельствует об увеличении дисбаланса между незаменимыми и заменимыми аминокислотами.

Таким образом, среди всех образцов наиболее близко к сбалансированному аминокислотному составу расположен контрольный образец. Микроволновое излучение в меньшей степени ухудшает соотношение аминокислот (на 3,6 %), в то же время обработка нута при помощи замачивания увеличивает значение аминокислотного индекса на 20,8-43,7 %.

Таблица 2 – Масса образцов / Таблица 2 – Mass of samples

Образец / Sample	Масса образца, г / Mass of samples, g			Изменение, % / Variation, %
	до обработки / before processing	после обработки / after processing	через 12 часов / after 12 hours	
Контрольный / Control sample		–	–	–
Опытный (микроволны) / Experimental sample (microwave treatment)	50±0,1	47,5±0,1	47,5±0,1	-5,67
Опытный (замачивание №1) / Experimental sample (soaking #1)		78,0±0,1	62,6±0,1	24,8
Опытный (замачивание №2) / Experimental sample (soaking #2)		80,2±0,1	69,0±0,1	38,0
Опытный (замачивание №3) / Experimental sample (soaking #3)		86,2±0,1	74,8±0,1	49,6

Согласно таблице 2, воздействие микроволновым излучением уменьшило массу нута на 5,67 %, в то время как у замоченных образцов её величина в течение первых 2 часов выросла на 56 %, а в дальнейшем скорость роста массы сильно упала (за следующие 4 часа выросла на 10,5 %). Через 12 часов после замачивания масса образцов стала еще на 13,2-19,7 % меньше и составила от 24,8 % до 49,6 % от первоначальной. Стоит заметить, что уменьшение массы замоченных зёрен связано с испарением поглощенной ранее влаги, скорость этого процесса сильно зависит от наличия воздухообмена, влажности воздуха и его температуры. Кроме того, изменение массы свидетельствует о его выходе. Чем выше это значение, тем меньше необходимо исходного сырья для производства пищевых продуктов.

В таблице 3 представлены данные анализа аминокислотного состава образцов. А в таблицах 4 и 5 показаны результаты расчёта содержания незаменимых аминокислот в белке и аминокислотного сора. Пример расчёта этих значений приведен в уравнении 5:

$$AK_{\text{валин}} = \frac{0,493}{18,75} \cdot 100 = 2,63 \text{ г} \quad AC_{\text{валин}} = \frac{2,63}{5} \cdot 100\% = 52,59 \% \quad (5)$$

Как видно из таблицы 3, в сравнении с другими аминокислотами в 100 г нута мало метионина. При этом его содержание падает при всех способах обработки. Однако происходит уменьшение и других аминокислот, что в совокупности ухудшает пищевую и биологическую ценность нута.

При сравнении контрольного образца с опытными можно заметить, что микроволны оказывают наибольший негативный эффект на валин, значение которого падает на 18,3 %, а также на лейцин с изолейцином (упало на 18 %). Однако количество гистидина незначительно выросло на 3,2 %. Микроволновая обработка меньше всего оказывает отрицательного влияния на фенилаланин – 19,8 %, лизин – 14,4 %, аргинин – 14,3 % и тирозин – 14,2 %, чем замачивание. В остальных случаях значения аминокислот лежат примерно на одном уровне с контрольным образцом.

Таблица 3 – Аминокислотный состав, мг / 100 г

Table 3 – Amino acid composition, mg / 100 g

Показатель / Index	Номер образца / Sample number				
	1	2	3	4	5
Содержание незаменимых аминокислот, мг / Content of essential amino acids, mg					
Валин / Valine	493	403	501	472	467
Лейцин и изолейцин / Leucine and Isoleucine	1614	1324	2059	1757	1860
Лизин / Lysine	936	801	807	723	749
Метионин / Methionine	110	91	102	60	84
Треонин / Threonine	423	341	369	338	306
Триптофан / Tryptophan	159	147	170	129	149
Фенилаланин / Phenylalanine	948	760	726	666	677
Итого: / Total:	4683	3867	4734	4145	4292
Содержание частично заменимых аминокислот, мг / Content of partially-essential amino acids, mg					
Аргинин / Arginine	971	832	666	518	644
Гистидин / Histidine	280	289	273	239	243
Итого: / Total:	1251	1121	939	757	887
Содержание заменимых аминокислот, мг / Content of nonessential amino acids, mg					
Аланин / Alanine	671	490	453	536	448
Глицин / Glycine	595	456	460	504	421
Пролин / Proline	691	530	498	554	438
Серин / Serine	714	501	358	562	447
Тирозин / Tyrosine	416	357	342	263	293
Итого: / Total:	3087	2334	2111	2419	2047

Сравнивая опытный образец № 3 с контрольным, заметили небольшое увеличение количества лейцина с изолейцином, валина и триптофана. Это связано с наличием у этих аминокислот гидрофобных боковых групп, которые препятствуют растворению белка в водных растворах. Благодаря чему, они в меньшей степени подвержены гидролитическому распаду. Потери при замачивании так же происходят за счёт перемещения растворимых в воде веществ из семян в раствор [4].

Стоит отметить, в опытном образце № 4 массовая доля белка, содержание незаменимых и частично заменимых аминокислот меньше, чем в образце № 5, но больше заменимых аминокислот (за исключением тирозина). Таким образом, благодаря одинаковым органолептическим характеристикам и повышенному содержанию аминокислот опытный образец № 5 является наиболее перспективным для использования в пищевой промышленности.

Сравнивая образцы № 2 и № 5, в которых отсутствует бобовый привкус, обработка нута микроволнами позволяет сохранить больше аминокислот. Например, здесь выше содержание аргинина на 22,6 %, тирозина – 17,9 %, пролина – 17,4 %, гистидина – 15,9 %, фенилаланина – 10,9 %, серина – 10,8 %, треонина – 10,3 %, аланина – 8,6 %, глицина и метионина – 7,7 %, а лизина на 6,5 %. Однако в замоченном образце содержание лейцина и изолейцина больше на 28,8 %, валина – 13,7 %, а триптофана на 1,3 %. Благодаря этому, в опытном образце № 5 общее количество незаменимых аминокислот выше на 9,9 %, чем в нуте, обработанном микроволнами.

Таблица 4 – Содержание незаменимых аминокислот, г / 100 г белка

Table 4 – Amino acid content, g / 100 g of protein.

Показатель / Index	В эталонном белке ФАО / ВОЗ / In FAO / WHO reference protein	Номер образца / Sample number				
		1	2	3	4	5
Валин / Valine	5,0	2,63	2,14	2,64	2,60	2,55
Лейцин и изолейцин / Leucine and Isoleucine	11,0	8,61	7,03	10,86	9,68	10,14
Лизин / Lysine	5,5	4,99	4,25	4,26	3,98	4,08
Метионин / Methionine	3,5	0,59	0,48	0,54	0,33	0,46
Треонин / Threonine	4,0	2,26	1,81	1,95	1,86	1,67
Триптофан / Tryptophan	1,0	0,85	0,78	0,90	0,71	0,81
Фенилаланин / Phenylalanine	6,0	5,06	4,03	3,83	3,67	3,69

Среди всех незаменимых аминокислот в белках нута больше всего лейцина с изолейцином, фенилаланина и лизина – 8,61 %, 5,06 % и 4,99 % соответственно. К сожалению, обработка нута микроволнами и замачиванием ведёт к уменьшению содержания незаменимых аминокислот в белке. Исключением является увеличение содержания лейцина и изолейцина при замачивании, значение которого растёт на 12,4-26,1 %.

Таблица 5 – Аминокислотный скор, % / Table 5 – Amino acid score, %

Показатель / Index	Номер образца / Sample number				
	1	2	3	4	5
Валин / Valine	52,59	42,78	52,85	52,01	50,93
Лейцин и изолейцин / Leucine and Isoleucine	78,25	63,89	98,72	88,00	92,20
Лизин / Lysine	90,76	77,30	77,39	72,43	74,25
Метионин / Methionine	16,76	13,80	15,37	9,45	13,09
Треонин / Threonine	56,40	45,25	48,66	46,56	41,71
Триптофан / Tryptophan	84,80	78,03	89,66	71,07	81,24
Фенилаланин / Phenylalanine	84,27	67,23	63,82	61,16	61,52

В результате расчётов замечено, что вне зависимости от способа обработки аминокислотный скор падает и в каждом образце все аминокислоты являются лимитирующими (меньше 100 %). Самая проблемная из них – метионин, значение аминокислотного скор которого на уровне 9,45-16,76 %. Этот показатель занижает биологическую ценность семян. Поэтому при производстве продуктов питания с использованием нута необходимо это учитывать и, по возможности, обогащать пищевые продукты сырьём богатым метионином. Это позволит минимизировать негативные эффекты, связанные с наличием лимитирующей аминокислоты, на здоровье человека при длительном употреблении в пищу.

Стоит так же отметить, что при сравнении перспективных способов обработки (опытные образцы № 2 и № 5) применение замачивания позволяет увеличить аминокислотный скор лейцина и изолейцина на 44,3 %, валина – 19,1 % и триптофана на 4,1 %. Однако при этом режиме обработки идёт снижение значений лизина на 3,9 %, метионина – 5,1 %, треонина – 7,8 % и фенилаланина на 8,5 %.

Выводы. Дефицит белка является актуальной задачей пищевой промышленности. Существует множество способов решения этой проблемы. Например, обогащение продуктов питания функциональными ингредиентами, которые богаты эссенциальными нутриентами. Одним из таких перспективных источников является нут. Он содержит от 18 до 32 % белка, но обладает нежелательным бобовым привкусом. Это ограничивает применение нута в пищевых продуктах, но не является главным недостатком зерна.

Удаление бобового привкуса можно проводить как традиционно путём замачивания в подкисленных растворах, так и с помощью микроволн. У каждого из способов обработки нута есть положительные и отрицательные стороны. Выбор между ними зависит от производственных целей, каких эффектов и за какое время необходимо их достичь.

Так, если нужно получить нут, не обладающий бобовым привкусом, с пониженной обсемененностью за короткий промежуток времени, то самым подходящим способом будет применение микроволнового излучения (5 минут, 200 Вт). В случае если затраты по времени не критичны и необходимо повысить выход сырья (за счёт поглощения воды), то можно использовать замачивание (1% раствор лимонной кислоты в течение 6 часов).

В сравнении с замачиванием микроволновая обработка так же позволяет сократить потери таких аминокислот, как аргинин на 22,6 %, тирозин – 17,9 %, пролин – 17,4 %, гистидин – 15,9 %, фенилаланин – 10,9 %, серин – 10,8 %, треонин – 10,3 %, аланин – 8,6 %, глицин – 7,7 %, метионин – 7,7% и лизин – на 6,5 %.

Однако в замоченном образце общее количество незаменимых аминокислот больше на 9,9 % за счёт содержания лейцина и изолейцина, значение которого выше на 28,8 %, валина – 13, 7%, а триптофана – на 1,3 %. Благодаря этому, замоченный нут имеет большее значение аминокислотного скор, чем после обработки микроволнами. Например, аминокислотный скор для лейцина и изолейцина больше на 44,3 %, валина – 19,1 %, а триптофана – на 4,1 %, но замачивание уступает по лизину на 3,9 %, метионину – 5,1 %, треонину – 7,8 % и фенилаланину – на 8,5 %.

Стоит отметить, что вне зависимости от способа обработки аминокислотный скор падает, что свидетельствует об ухудшении пищевой и биологической ценности нута. При этом главной лимитирующей аминокислотой выступает метионин, аминокислотный скор которого не превышает 17 %, что необходимо учитывать при разработке новых продуктов питания с использованием нута.

Библиографический список

1. Возможности использования продуктов переработки нутового сырья в колбасном производстве / В. Н. Храмова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 176–183.
2. Жуков А. М., Болгова Н. С. Биохимические процессы, протекающие в зерне тритикале при проращивании // Инновационные технологии и технические средства для АПК. 2015. С. 70-73.
3. Королев А. А., Тюрина С. Б., Тришканева М. В. Анализ применения микроволнового излучения в технологиях стерилизации растительного сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств. 2019. № 3. С. 81–91.
4. Лысиков Ю. А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. № 2. С. 88–105.
5. Орешкин М. В. Проблема дефицита белка: подходы к решению // Вестник Луганского национального университета им. Тараса Шевченко. 2017. № 1 (4). С. 19–22.
6. Особенности роста и развития сортов нута волгоградской селекции на каштановых почвах Волгоградской области. / В. В. Балашов, А. В. Балашов, А. А. Малахова [и др.] // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 36-45.

7. Панкина И. А., Борисова Л. М. Исследование набухания и растворимости сухих веществ семян зернобобовых культур // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. № 2. С. 13-20.
8. Пищевые и кормовые белковые препараты из гороха и нута: производство, свойства, применение / В. В. Колпакова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. № 2 (51). С. 333–348.
9. Царёва Н. И., Бондаренко Н. В. Перспективы использования зернобобовой культуры нут в производстве пищевых продуктов питания // Естественные и гуманитарные науки в современном мире. 2020. С. 100–102.
10. Chandrasekaran S., Luna-Vital D., Mejia E. G. Identification and comparison of peptides from chickpea protein hydrolysates using either bromelain or gastrointestinal enzymes and their relationship with markers of type 2 diabetes and bitterness // *Nutrients*. 2020. №. 12 (12). P. 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu12123843>.
11. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a Source of Essential Fatty Acids-A Biofortification Approach / A. Madurapperumage [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. P. 734980. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.734980>.
12. Compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications / F. Boukid [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 78. P. 120–133. URL: <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.
13. Effects of microwave treatment on the stability and antioxidant capacity of a functional wheat bran / J. Liu [et al.] // *Food Science and Nutrition*. 2021. № 5 (9). P. 2713-2721. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2230>.
14. Functional properties of protein isolates extracted from stabilized rice bran by microwave, dry heat, and parboiling / S. H. Khan [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. № 6 (59). P. 2416-2420. <https://doi.org/10.1021/jf104177x>.
15. Hybrid high-intensity ultrasound and microwave treatment: A review on its effect on quality and bioactivity of foods / N. Muñoz-Almagro [et al.] // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021. Vol. 80. P. 13. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105835>.
16. Jiang H., Liu Z., Wang S. Microwave processing: Effects and impacts on food components / H. Jiang, // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. № 14 (58). P. 2476-2489. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1319322>.
17. Microwave technology: a novel approach to the transformation of natural metabolites / Q. Hu [et al.] // *Chinese Medicine*. 2021. № 1 (16). P. 22. <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.
18. Research developments in the applications of microwave energy in fish processing: A review / P. Viji [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. 2022. Vol. 123. P. 222-232.
19. The impact of functional food in prevention of malnutrition / M. H. Ahmed [et al.] // *Pharma Nutrition*. 2022. № 19. P. 100288. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2022.100288>.
20. The influence of microwave sterilization on the ultrastructure, permeability of cell membrane and expression of proteins of *Bacillus Cereus* / J.-X. Cao [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. P. 1870. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01870>.

Информация об авторах:

Храмова Валентина Николаевна, доктор биологических наук, профессор, декан факультета технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета (ВолГТУ) (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28). ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>. Контактный телефон: 8-903-37-03-393. E-mail: hramova_vn@mail.ru

Сурков Дмитрий Игоревич, аспирант Волгоградского государственного технического университета (ВолГТУ) (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28). ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915>. Контактный телефон: 8-902-36-27-125, E-mail: surkov.dmitr@gmail.com

Лубчинский Кирилл Александрович, магистрант Волгоградского государственного технического университета (ВолГТУ) (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28). ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4836-6058>. Контактный телефон: 8-909-39-18-170, E-mail: lubkirill@mail.ru.

Животова Татьяна Юрьевна, канд. биол. наук, доцент, Донской государственный аграрный университет (ДонГАУ) (РФ, 346493, Ростовская обл., пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24). ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-5759-6461>. Контактный телефон: 8-928-75-79-361
E-mail: jvotovatanya@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-08

STUDYING THE EFFICIENCY OF MINERAL FERTILIZERS ON SUNFLOWER IN OPEN GROUND UNDER IRRIGATION UNDER THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

O. G. Chamurliiev¹, A. N. Sidorov¹, A. A. Kholod¹, G. O. Chamurliiev²

¹ *Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

² *Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Peoples' Friendship University of Russia, Moscow*

Received 30.09.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

Introduction. Sunflower is the main oilseed crop in the Russian Federation. Occupying 10-12% of all arable land, and in some regions in some years or more, sunflower plays an important role in the economy of agricultural enterprises. This is a consistently highly profitable crop, in this regard, the creation of optimal conditions for plant nutrition due to a rational fertilizer system in the cultivation technology of this crop is an actual condition for increasing the yield of sunflower. **Purpose of research.** The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of pre-sowing application and vegetative fertilizing of various forms of nitrogen-phosphorus-containing complex fertilizers on the yield and quality of sunflower under drip irrigation. **An object.** PhosAgro's mineral fertilizers: APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10), APAVIVA NP 12:52, APAVIVA NP(S) 16:20(12), APAVIVA NP(S) 14:40(7) + 1.1 Zn, LCD APALQUA NP 11:37. **Materials and methods.** The studies were carried out on the experimental site of the NODP "Innovation Village" FGBOU VO Volgograd State Agrarian University, in total 5 types of mineral fertilizers were tested. The laying of all four variants was carried out with a classic eight-row row-crop, with a row spacing of 0.7 m, a seeder in three repetitions. Culture - sunflower (predecessor - fallow). S plots = 56 m²; option = 168 m²; experience = 672 m². Characteristics of the soil of the experimental plot. Type: light chestnut, granulometric composition: heavy loamy, humus content - 1.85%, pH level - 7.8. Cover harrowing was carried out on the fallow field in spring to cover moisture. Then, as the weeds grew, continuous cultivation was carried out to a depth of 0.08-0.10 m. Presowing cultivation was carried out to a depth of 0.06-0.08 m DT-75M+2KPS-4.0. Sunflower sowing was carried out with the SPC-8 seeder on May 26. The seed placement depth is 0.06 m, the row spacing is 0.7 m. During the growing season, 4 inter-row treatments were carried out to a depth of 0.06-0.08 m using the MTZ-82 + KRN-5.6 tractor. Harvesting was carried out with a Sampo Rozenlew 2065 combine with an OptiSun 670 header. Characteristics of the soil of the experimental plot. Type: light chestnut, granulometric composition: heavy loamy, humus content - 1.85%, pH level - 7.8. Cover harrowing was carried out on the fallow field in spring to cover moisture. Then, as the weeds grew, continuous cultivation was carried out to a depth of 0.08-0.10 m. Presowing cultivation was carried out to a depth of 0.06-0.08 m DT-75M+2KPS-4.0. Sunflower sowing was carried out with the SPC-8 seeder on May 26. The seed placement depth is 0.06 m, the row spacing is 0.7 m. During the growing season, 4 inter-row treatments were carried out to a depth of 0.06-0.08 m using the MTZ-82 + KRN-5.6 tractor. Harvesting was carried out with a Sampo Rozenlew 2065 combine with an OptiSun 670 header. APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) complex fertilizer at a dose of 300 kg/ha was used as a background application. Seeding rate - 55 thousand germinating seeds/ha. Irrigation method - drip irrigation. The water regime in the studies was maintained at the level of 65% HB. **Results and conclusions.** In the course of monitoring the phenology of plant development, it was found that the duration of the growing season of sunflower from 121 days in the control variant APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) to 116 days in the fourth variant. The period from flowering to full maturation was the shortest on the second and fourth variants and amounted to 63 days, on the first and third variants 64 days. The longest vegetation period from flowering to full ripeness was observed in the control variant - 68 days. The use of fertilizers had a significant in-

crease in green mass in relation to the control. As a result of top dressing, plant height increased by an average of 2-5 cm in the 4-6 leaf phase, 4-9 cm in the 8-10 leaf phase and 4-10 cm in the flowering phase. The fourth option turned out to be the best: APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) + APAVIVA NP 12:52 + APALQUA NP 11:37 + NITRIVA N46.2 + APAVIVA NP(S) 14:40:(7). In 2021, as well as in 2020, the mineral fertilizers studied in the experiment had a significant increase in sunflower yield for all options relative to the control. The greatest yield increase was obtained in the fourth variant and amounted to 0.9 t/ha. In the third variant, the increase was 0.76 t/ha, and the lowest yield in relation to the control was recorded in the second variant - 1.75 t/ha. The maximum harvest of sunflower oil was formed on the fourth option APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) + APAVIVA NP 12:52 + APALQUA NP 11:37 + NITRIVA N46.2 + APAVIVA NP(S) 14:40:(7) it amounted to 1043 kg/ha. On the third option APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) + APAVIVA NP 12:52 + APALQUA NP 11:37 + NITRIVA N46.2 + APAVIVA NP(S) 16:20:(12) oil collection was lower by 29 kg/ha. The use of ammophos in the second variant also increased the oil yield in relation to the control by 245 kg/ha. The lowest oil yield was noted in the control due to the low yield of this option - 551 kg/ha.

Key words: *mineral fertilizers, sunflower, nutrients, oilseed productivity, yield.*

Citation. Chamurliov O.G., Sidorov A.N., Kholod A.A., Chamurliov G.O. Study of the effectiveness of mineral fertilizers on sunflower in open ground under irrigation in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 69-76 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-08.

Author's contribution. All the authors mentioned in this article were directly involved in the research and processing of the data obtained. All authors are familiar with the submitted final version and approved it.

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

УДК 633.854.78:631.82:631.67

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОДСОЛНЕЧНИКЕ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ ПРИ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

О. Г. Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук

А. Н. Сидоров¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А. А. Холод¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. О. Чамурлиев², кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов, г. Москва

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Подсолнечник – основная масличная культура в Российской Федерации, занимает 10-12 % всей пашни, а в некоторых регионах в отдельные годы и более. Это стабильно высококорентабельная культура играет большую роль в экономике сельскохозяйственных предприятий. В связи с этим создание оптимальных условий питания растений за счёт рациональной системы удобрения в технологии возделывания этой культуры является актуальным условием увеличения урожайности подсолнечника. **Цель исследований.** Цель исследования – оценка эффективности припосевного внесения и вегетационных подкормок разных форм азотно-фосфоросодержащих сложных удобрений на урожайность и качество подсолнечника на капельном орошении. **Объект.** Минеральные удобрения производства ПАО «ФосАгро»: APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10), APAVIVA NP 12:52, APAVIVA NP(S) 16:20(12), APAVIVA NP(S) 14:40(7) + 1,1 Zn, ЖКУ APALQUA NP 11:37. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке НОДП «Инновационная деревня» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, всего на испытании находилось 5 видов минеральных удобрений. Закладка всех четырех вариантов проведена пропашной классической восьмидесятирядной с междурядьем 0,7 м сеялкой в трехкратной повторности. Культура – подсолнечник (предшественник – пар). S деланки = 56 м²; варианта = 168 м²; опыта = 672 м². Характеристика почвы опытного участка. Тип:

светло-каштановая, гранулометрический состав: тяжелосуглинистая, содержание гумуса – 1,85 %, уровень pH – 7,8. На паровом поле весной проводилось покровное боронование для закрытия влаги. Затем по мере отрастания сорняков проводили сплошную культивацию на глубину 0,08-0,10 м. Предпосевную культивацию проводили на глубину 0,06-0,08 м ДТ-75М+2КПС-4,0. Посев подсолнечника проводился сеялкой СПЧ-8 26 мая. Глубина заделки семян – 0,06 м, ширина междурядий – 0,7 м. В период вегетации проведены 4 междурядные обработки на глубину 0,06-0,08 м трактором МТЗ-82 + КРН-5,6. Уборку урожая проводили комбайном Sampo Rozenlew 2065 с жаткой OptiSun 670. В качестве фонового внесения использовали комплексное удобрение АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) в дозе 300 кг/га. Норма высева – 55 тыс. всхожих семян/га. Способ полива – капельное орошение. Водный режим в исследованиях поддерживался на уровне 65 % НВ. **Результаты и выводы.** В ходе наблюдения за фенологией развития растений установлено, что продолжительность вегетационного периода подсолнечника от 121 дня на контрольном варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) до 116 дней на четвертом варианте. Период от цветения до полного созревания был наименьшим на втором и четвертом вариантах и составил 63 дня, на первом и третьем варианте – 64 дня. Наибольшая продолжительность вегетации от цветения до полной спелости наблюдалась на контрольном варианте – 68 дней. Применение удобрений оказывало существенный прирост зеленой массы по отношению к контролю. В результате подкормок высота растений увеличилась в среднем на 2-5 см в фазу 4-6 листьев, 4-9 см в фазу 8-10 листьев и 4-10 см в фазу цветения. Наилучшим оказался четвертый вариант АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 + АРАВИВА NP(S) 14 : 40:(7). В 2022 г. так же, как и в 2021 г., изучаемые в опыте минеральные удобрения оказали существенную прибавку урожайности подсолнечника по всем вариантам относительно контроля. Наибольшая прибавка урожайности получена на четвертом варианте и составила 0,9 т/га. На третьем варианте прибавка составила 0,76 т/га и наименьшая урожайность по отношению к контролю зафиксирована на втором варианте – 1,75 т/га. Максимальный сбор подсолнечного масла формировался на четвертом варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 + АРАВИВА NP(S) 14 : 40:(7) он составил 1043 кг/га. На третьем варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 + АРАВИВА NP(S) 16 : 20:(12) сбор масла был ниже на 29 кг/га. Применение аммофоса на втором варианте также увеличило сбор масла по отношению к контролю на 245 кг/га. Наименьший сбор масла был отмечен на контроле в силу низкой урожайности данного варианта – 551 кг/га.

Ключевые слова: подсолнечник, питательные элементы, продуктивность маслосемян подсолнечника, урожайность подсолнечника.

Цитирование. Чамурлиев О. Г., Сидоров А. Н., Холод А. А., Чамурлиев Г. О. Изучение эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 69-76. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-08.

Авторский вклад. Все авторы, указанные в настоящей статье, принимали непосредственное участие в проведении исследований и обработке полученных данных. Все авторы ознакомлены с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Подсолнечник – основная масличная культура в Российской Федерации. Занимая 10-12 % всей пашни, а в некоторых регионах в отдельные годы и более, подсолнечник играет большую роль в экономике сельскохозяйственных предприятий [8].

Это стабильно высокорентабельная культура. Можно понять, в связи с этим, интерес агрономов и руководителей хозяйств к совершенствованию технологий возделывания этой культуры, увеличению производства маслосемян подсолнечника [2, 4, 5].

Создание оптимальных условий питания растений за счёт рациональной системы удобрения – важное условие увеличения урожайности подсолнечника [1].

В число основных показателей, кроме продуктивности растений и рентабельности производства, входит также качество сельскохозяйственной продукции, и в частности масличность подсолнечника [10, 11].

Немаловажное значение имеет и содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции. Что касается подсолнечника, то некоторый избыток нитратов в семенах представляет собой не только источник опасности для пищевого продукта, употребляемого человеком, но и является нежелательным явлением для маслообразовательного процесса [9, 12].

Этот процесс у подсолнечника напрямую сопряжён с биосинтезом конституционных белков жирозапасающей ткани в семенах. Это означает то, что биосинтез жира в этой ткани зависит от степени восстановленности азота, поступающего в семена [3, 6, 7].

Материалы и методы. В соответствии с поставленной целью и задачами исследования была разработана схема полевого опыта. Закладка всех четырех вариантов проведения пропашной классической восьмидесяти с междурядьем 0,7 м сеялкой в трехкратной повторности. Культура – подсолнечник (предшественник – пар). S делянки = 56 м²; варианта = 168 м²; опыта = 672 м².

Схема опыта:

1. АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10);
2. АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52
3. АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + АРАЛИКУА ЖКУ 11 : 37 + НИТРИВА N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 16 : 20(12)
4. АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + АРАЛИКУА ЖКУ 11 : 37 + НИТРИВА N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 14 : 40(7) + 1,1 Zn.

Сумма осадков за период вегетации составила 154 мм. Температурные показатели были на уровне среднесезонных данных. В целом, условия территории возделывания характеризовались как благоприятные.

Характеристика почвы опытного участка. Тип: светло-каштановая, гранулометрический состав: тяжелосуглинистая, содержание гумуса – 1,85 %, уровень pH – 7,8.

Таблица 1 – Дозы и способы внесения минеральных удобрений в полевом опыте с подсолнечником, 2021-2022 гг.

Table 1 - Doses and methods of applying mineral fertilizers in a field experiment with sunflower, 2021-2022

Вариант	Минеральные удобрения	Норма внесения (кг/га) д.в.	Способ внесения минеральных удобрений.
1	Контроль – АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) фон	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Поверхностно под культивацию
2	Фон АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) + АРАВИВА NP 12:52	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ N ₅ P ₂₀	Поверхностно под культивацию. При посеве в рядки
3	Фон АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) + АРАВИВА NP 12:52+ АРАЛИКУА ЖКУ 11:37 + НИТРИВА N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 16:20(12)	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ N ₅ P ₂₀ N ₂₅ P ₃₇ N ₃ P ₄	Поверхностно под культивацию. При посеве в рядки. Опрыскивание. Опрыскивание
4	Фон АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) + АРАВИВА NP 12:52+ АРАЛИКУА ЖКУ 11:37 + НИТРИВА N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 14:40(7) + 1,1 Zn	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ N ₅ P ₂₀ N ₂₅ P ₃₇ N ₃ P ₈	Поверхностно под культивацию. При посеве в рядки. Опрыскивание. Опрыскивание

Содержание элементов питания: $N-NO_3$ – 23,0 мг/кг, P_2O_5 – 45,2 мг/кг, K_2O – 487 мг/кг, S – 3,5 мг/кг. Подвижный фосфор (P_2O_5) на опытном участке относится к средней степени обеспеченности. Подвижные формы калия относятся к четвертому классу с высокой обеспеченностью. Содержание подвижной сульфатной серы характеризовалось как низкое и составляло 3,5 мг/кг почвы.

На паровом поле весной проводилось покровное боронование для закрытия влаги. Затем по мере отрастания сорняков проводили сплошную культивацию на глубину 0,08-0,10 м. Предпосевную культивацию проводили на глубину 0,06-0,08 м ДТ-75М+2КПС-4,0. Посев подсолнечника проводился сеялкой СПЧ-8 26 мая. Глубина заделки семян – 0,06 м, ширина междурядий – 0,7 м.

В период вегетации проведены 4 междурядные обработки на глубину 0,06-0,08 м трактором МТЗ-82 + КРН-5,6. Уборку урожая проводили комбайном Sampo Rozenlew 2065 с жаткой OptiSun 670.

Под предпосевную культивацию в качестве фонового удобрения в полевом опыте внесено 300 кг/га комплексного минерального удобрения АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) дозой $N_{45}P_{45}K_{45}$ по д.в. Этот агрофон был принят за контроль. При посеве подсолнечника в рядки был внесен аммофос АРАВИВА из расчета 40 кг/га (варианты 2, 3, 4) в дозе N_5P_{20} по д.в.

Подкормка ЖКУ АРАЛИКУА 11 : 37 + NITRIVA N 46,2 проводилась в фазу (4-6 листьев), подкормка АРАВИВА NP(S) 16 : 20(12) и АРАВИВА NP(S) 14 : 40(7) + 1,1 Zn проводилась в фазу (8-10 листьев).

Результаты и обсуждение. В ходе наблюдения за фенологией развития растений установлено, что продолжительность вегетационного периода подсолнечника от 121 дня на контрольном варианте АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) до 116 дней на четвертом варианте. Период от цветения до полного созревания был наименьшим на втором и четвертом вариантах и составил 63 дня, на первом и третьем вариантах – 64 дня. Наибольшая продолжительность вегетации от цветения до полной спелости наблюдалась на контрольном варианте – 68 дней.

Таблица 2 – Даты наступления фенологических фаз у подсолнечника в зависимости от условий минерального питания, 2021-2022 гг.

Table 2 – Dates of the onset of phenological phases in sunflower, depending on the conditions of mineral nutrition, 2021-2022

Вариант опыта	Дата всходов	Дата образования корзинки	Дата начала цветения	Дата формирования семян	Дата полной спелости	Вегетационный период
1	12.06	11.07	29.07	24.08	05.10	121
2	12.06	10.07	01.08	23.08	03.10	119
3	10.06	09.07	30.07	22.08	03.10	117
4	10.06	10.07	31.07	23.08	02.10	116

Применение удобрений оказывало существенный прирост зеленой массы по отношению к контролю. В результате подкормок высота растений увеличилась в среднем на 2-5 см в фазу 4-6 листьев, 4-9 см – в фазу 8-10 листьев и 4-10 см – в фазу цветения. Наилучшим оказался четвертый вариант АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 + АРАВИВА NP(S) 14 : 40(7).

Потребность подсолнечника в элементах питания наблюдается в течение всего периода прироста вегетативной массы. Наиболее интенсивное потребление азота и фосфора азота подсолнечником происходит от фазы образования корзинок до налива семян, калия — от начала налива семян до начала созревания. Эта особенность питания указывает на возможность регулирования роста и развития подсолнечника за счёт целенаправленного применения удобрений.

Таблица 3 – Динамика линейного роста подсолнечника по фазам развития см, 2021-2022 гг.

Table 3 - Dynamics of linear growth of sunflower by development phases cm, 2021-2022

Вариант опыта	4-6 листьев	8-10 листьев	Цветение	Полная спелость
1	30	52	128	135
2	32	56	132	137
3	34	59	136	143
4	35	61	138	144

Потребность подсолнечника в отдельных элементах питания в определенные фазы развития различна, в зависимости от этого различна и интенсивность их поглощения растениями.

В зависимости от условий возделывания и сортовых особенностей подсолнечника на формирование 1 т семян и соответствующего количества побочной продукции (стебли, листья, корзинки) затраты элементов питания составляют: N – 50-60 кг, P₂O₅ – 25-30, K₂O – 150-180, S – 45 кг.

Урожайность подсолнечника в опыте, структура и качество урожая. В нашем опыте была принята рекомендованная посевная норма в 55 тыс. семян на 1 гектар, которая позволила получить к уборке густоту подсолнечника 47,2 тыс. растений на гектар.

В 2022 г. так же, как и в 2021 г. изучаемые в опыте минеральные удобрения оказали существенную прибавку урожайности подсолнечника по всем вариантам относительно контроля. Наибольшая прибавка урожайности получена на четвертом варианте и составила 0,9 т/га. На третьем варианте прибавка составила 0,76 т/га и наименьшая урожайность по отношению к контролю зафиксирована на втором варианте – 1,75 т/га.

Таблица 4 – Влияние применения минеральных удобрений на элементы структуры урожая подсолнечника, 2021-2022 гг.

Table 4 - The impact of the use of mineral fertilizers on the elements of the structure of the sunflower crop, 2021-2022

Вариант опыта	Число семян в корзинке, шт.	Масса 1000 семян, г	Масса семян с корзинки, г	Биологическая урожайность, т/га
Контроль – АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) фон	417	71,9	29,9	1,41
Фон АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) + АРАВИВА NP 12:52	503	73,6	37,1	1,75
Фон АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) + АРАВИВА NP 12:52+ АРАЛИКУА ЖКУ 11:37 + НИТРИВА N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 16:20(12)	575	79,9	45,9	2,17
Фон АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) + АРАВИВА NP 12:52+ АРАЛИКУА ЖКУ 11:37 + НИТРИВА N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 14:40(7) + 1,1 Zn	604	81,1	49,0	2,31

НСП₀₅

0,1181

Применение комплексного минерального питания в посевах подсолнечника также оказало значительное влияние и на элементы структуры урожая. Аналогично с прошлым годом наилучшие показатели были на четвертом варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + НИТРИВА N46,2 + АРАВИВА NP(S) 14 : 40:(7). Здесь масса 1000 семян возросла по отношению к контролю на 9,2 г, или 11,3 %. Также увеличилось количество семян в корзинке на 187 шт., или 30,9 % соответственно.

На третьем варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10)+ АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 + АРАВИВА NP(S) 16 : 20:(12) масса 1000 семян выросла на 8,0 г или 10 %, количество семян в корзинке на 158 шт., или 27,5 %.

На втором варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 масса 1000 семян дала незначительную прибавку в 1,7 г, или 2,3 % и количество семян в корзинке превышало контроль на 86 шт., или 17 % соответственно.

Таблица 5 – Качество маслосемян подсолнечника в зависимости от применяемых удобрений в опыте, 2021-2022 гг.

Table 5 – The quality of sunflower oilseeds depending on the fertilizers used in the experiment, 2021-2022

Варианты	Масличность, %	Сбор масла, кг/га	Лузжистость, %
Контроль – АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) фон	42,5	551	20,4
Фон АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52	49,5	796	22,4
Фон АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52+ АРАЛИКУА ЖКУ 11 : 37 + NITRIVA N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 16 : 20(12)	50,9	1015	23,2
Фон АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + АРАЛИКУА ЖКУ 11 : 37 + NITRIVA N 46,2 + АРАВИВА NP(S) 14 : 40(7) + 1,1 Zn	49,1	1043	24,3

Применение минеральных удобрений обусловило увеличение продуктивности подсолнечника на фоне припосевного внесения и проведения подкормок, повысило показатели масличности по вариантам опыта в пределах от 13,5 до 16,5 % по отношению к контролю.

Максимальный сбор подсолнечного масла формировался на четвертом варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 + АРАВИВА NP(S) 14 : 40:(7) он составил 1043 кг/га. На третьем варианте АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10) + АРАВИВА NP 12 : 52 + ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 + АРАВИВА NP(S) 16 : 20:(12) сбор масла был ниже на 29 кг/га. Применение аммофоса на втором варианте также увеличило сбор масла по отношению к контролю на 245 кг/га. Наименьший сбор масла был отмечен на контроле в силу низкой урожайности данного варианта – 551 кг/га.

С увеличением минерального питания растений подсолнечника увеличивалась и лузжистость маслосемян от 20,4 до 24,3 %.

Выводы. В условиях светло-каштановых почв Волгоградской области установлено, что применение минеральных удобрений производства ПАО «ФосАгро» при орошении в качестве припосевного внесения и вегетационных подкормок при возделывании подсолнечника оказывает существенное влияние на величину и качество урожая.

Таким образом подтверждаются данные двухлетних исследований: наилучшие результаты были получены на четвертом варианте от совместного применения комплексного удобрения АРАВИВА NPK(S) 15 : 15 : 15(10), а также аммофоса АРАВИВА NP 12 : 52 перед посевом + подкормка ЖКУ АРАЛИКУА NP 11 : 37 + NITRIVA N46,2 в фазу 4-6 листьев и подкормка сульфаммофосом NP(S) АРАВИВА 14 : 40:(7) в фазу 8-10 листьев, позволяющие получить 2,31 т/га маслосемян подсолнечника.

Библиографический список

1. Бушнев А. С., Больдисов Е. А. Реакция гибридов подсолнечника в зависимости от нормы высева семян и применения удобрений в различных почвенно-климатических условиях // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 2016. Вып. 1 (165). С. 69-72.

2. Бушнев А. С., Больдисов Е. А. Продуктивность гибридов подсолнечника в Курской области и Краснодарском крае в зависимости от норм высевы семян и применения удобрений // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 2017. Вып. 1 (169). С. 58-63.
3. Качество маслосемян подсолнечника в среднем Заволжье / О. И. Горянин [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 4–7.
4. Колобова М. О., Бородычев В. В. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на продуктивность подсолнечника // Плодородие. 2014. № 6. С. 9-11.
5. Мадякин Е. В., Горянин О. И. Перспективы возделывания российских сортов и гибридов подсолнечника в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 46-49.
6. Пасько С. В., Парамонов А. В., Медведева В. И. Влияние приемов агротехники на плодородие почвы и окупаемость удобрений в посевах подсолнечника // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 65-67.
7. Способы повышения плодородия и урожайность подсолнечника в Нижнем Поволжье / Ю. Н. Плещачёв [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 2. С. 28–31.
8. Тарадин С. А. Эколого-экономическая оценка возделывания подсолнечника на склоновых землях Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (50). С. 62-65.
9. Тихонов Н. И., Кочетов Р. А. Влияние новых агротехнических приемов в технологии возделывания гибридов подсолнечника по No-Till в зоне черноземных почв Волгоградской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 2. С. 49-51.
10. Тихонов Н. И., Кочетов Р. А. Формирование густоты стояния новых гибридов подсолнечника в зависимости от инсектицидов в степной зоне Волгоградской области // Плодородие. 2016. № 1. С. 15-17.
11. Aliu S., Fetahu S., Rozman L. Variation of physiological traits and yield components of some maize hybrid in agroecological conditions of Kosovo // Acta agriculturae Slovenica. Univ. of Ljubljana. Biotechn. fac. 2010. V. 95. No 1. P.35-41.
12. Genetics and breeding of herbicide tolerance in sunflower / C. A. Sala, M. Bulos, E. Altieri, M. L. Ramos // Helia. 2012. V. 35. № 57. P. 57-70.

Информация об авторах

Чамурлиев Омарий Георгиевич, директор НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, телефон: +79023635407, e-mail: attika.ge@yandex.ru

Сидоров Александр Николаевич, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79275312893, e-mail: sash-ka2008@mail.ru

Холод Анатолий Александрович, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79616571937, e-mail: olodok2009@rambler.ru

Чамурлиев Георгий Омариевич, старший преподаватель агроинженерного департамента АТИ РУДН (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79047774858, e-mail: giorgostsamourlidis@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-09

EFFECT OF GROWTH STIMULATORS OF NEW GENERATION ON WHITE LUPIN YIELD, ITS STRUCTURE AND GRAIN QUALITY

G. L. Yagovenko, T. V. Yagovenko, S. A. Pigareva, L. V. Troshina, N. V. Misnikova

*The All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center
of Forage Production and Agroecology, Bryansk*

Received 17.08.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. Requirements of animal husbandry in improving of forage base stimulate the interest to search for new sources of protein of high quality. White lupin is one of these sources. This crop is close to soy for protein content in grain (35-45%). White lupin yield is sufficiently high – 4.0-6.0 t/ha, but it's

not always stable during cultivation years; those development of ways which contribute the yield stability is of great importance together with breeding crop improvement. Increase of grain legumes productivity thanks to application of biological growth regulators which are both environment friendly and decrease energy costs is of great actuality. **An object.** The test objects are white lupin varieties differed for growth rate, and the growth stimulators: Circone, Vitazim, Phytactiv Vita and Zerebra Agro. **Materials and methods.** The tests have been done on the experimental plots of the All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology in 2019-2020 under soil-and-climatic conditions of the South-West of the Non-Chernozem zone. Plot design and related observation were done according to B. A. Dospekhov. Biochemical estimation of the tested material was done according to the common used methods for biochemical tests. **Results and conclusion.** In the test years the tested chemicals caused directed regulation of plants' development of the white lupin varieties Pilgrim and Alyi parus, increased functional activity of their organs; it contributed to the potential increase and economical effectiveness of production process. The positive effect of the growth stimulators Circone, Vitazim, Phytactiv Vita and Zerebra Agro on the growth and development of the leaf area and functional activity of the photosynthetic apparatus of the plants of the white lupin varieties Pilgrim and Alyi parus contributed to the higher level of provision of plants with assimilates and created the prerequisites for development of increased crop yield. Treatment of the vegetative plants by the growth stimulators on the potassium monophosphate background increased seed yield of the tested varieties. The variant with Circone demonstrated the highest raise 8.8% for the variety Pilgrim compared to the standard-background and some lower with application of Vitazim and Phytactiv Vita – 7.3 and 7.6%. The chemicals Vitazim and Circone insured the maximum seed yield increase by 19.1 and 17.2% for the variety Alyi parus compared to the standard-background. The growth stimulators didn't decrease the quality of produces grain. The application of the growth stimulators during vegetation on the potassium monophosphate background recouped costs and made a profit.

Key words: *lupin, growth stimulators, photosynthesis, protein, alkaloids, yield.*

Citation. Yagovenko G. L., Yagovenko T. V., Pigareva S. A., Troshina L. V., Misnikova N. V. Effect of growth stimulators of new generation on white lupin yield, its structure and grain quality. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 76-89 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-09.

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

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

УДК 631.811.98:633.367.3:631.559

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ, СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЛЮПИНА БЕЛОГО

Г. Л. Яговенко, доктор сельскохозяйственных наук

Т. В. Яговенко, кандидат биологических наук

С. А. Пигарева, старший научный сотрудник

Л. В. Трошина, старший научный сотрудник

Н. В. Мисникова, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 17.08.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Потребность животноводства в улучшении кормовой базы стимулирует интерес к поиску новых источников высококачественного белка. Одним из таких источников является люпин белый. По содержанию белка в зерне (35-45 %) эта культура приравнивается к сое. Урожайность люпина белого достаточно высока – 4,0-6,0 т/га, но не всегда стабильна по годам выращивания, поэтому, наряду с селекционным улучшением культуры, большое значение приобретает разработка приемов, обеспечивающих стабильность урожайности. Повышение

продуктивности зернобобовых за счет использования биологических регуляторов роста, предполагающих не только экологическую чистоту, но и снижение энергетических затрат, является актуальным. **Объект.** Объектами исследований являются сорта люпина белого, различающиеся по темпам роста, стимуляторы роста: Циркон, Витазим, Фитактив Вита, Зеребра Агро. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2019-2020 годах на опытном поле ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», в почвенно-климатических условиях юго-западной части Нечерноземной зоны. Закладка опытов, сопутствующие наблюдения осуществлялись по Б. А. Доспехову. Биохимическая оценка материала проводилась по общепринятым методикам биохимического исследования. **Результаты и выводы.** В годы исследований изучаемые препараты вызвали направленную регуляцию развития растений люпина белого сортов Пилигрим и Алый парус, повышали функциональную активность их органов, что способствовало увеличению потенциала и хозяйственной эффективности производственного процесса. Положительное влияние стимуляторов роста Циркон, Витазим, Фитактив Вита, Зеребра Агро на рост и развитие листовой поверхности, функциональную активность фотосинтетического аппарата растений сортов люпина белого Пилигрим и Алый парус способствовало более высокому уровню обеспеченности растений ассимилятами и создавало предпосылки для формирования повышенной урожайности культуры. Обработки по вегетации растений стимуляторами роста на фоне монофосфата калия увеличивали урожайность семян изучаемых сортов. У сорта Пилигрим наибольшая прибавка отмечалась в варианте с использованием Циркона – 8,8 % по отношению к контролю-фону, несколько ниже при применении Витазима и Фитактива Вита – 7,3 и 7,6 %. Максимальное повышение урожайности семян у сорта Алый парус обеспечивали препараты Витазим и Циркон соответственно на 19,1 и 17,2 % относительно контроля – фона. Стимуляторы роста не снижали качества полученного зерна. Применение стимуляторов роста по вегетации на фоне монофосфата калия окупало затраты и давало прибыль.

Ключевые слова: *люпин белый, стимуляторы роста растений, фотосинтез люпина, урожайность люпина белого.*

Цитирование. Яговенко Г. Л., Яговенко Т. В., Пигарева С. А., Трошина Л. В., Мисникова Н. В. Влияние стимуляторов роста нового поколения на урожайность, структуру урожая и качество зерна люпина белого. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 76-89. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-09.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из основных проблем отечественного сельского хозяйства является дефицит кормового белка. Это связано со структурной нехваткой в севооборотах высокобелковых культур. В условиях Российской Федерации ведущая роль в решении этого вопроса принадлежит зернобобовым культурам. В настоящее время в мире известны только две культуры, которые в полной мере отвечают требованиям современного интенсивного животноводства по количеству и качеству белка в зерне – соя и люпин. Исследованиями ВНИИ люпина и других научных учреждений показано, что использование зерна люпина как белковой добавки весьма эффективно в кормлении разных видов сельскохозяйственных животных и птицы [8]. Среди культивируемых видов люпина все большее значение приобретает люпин белый. По содержанию белка в зерне (35-45 %) эта культура приравнивается к сое. Современные сорта люпина белого содержат в семенах более 40,0 % белка, сбалансированного по аминокислотному составу, в зеленой массе – до 23,0 %. Белый люпин является хорошим источником жира (10-12 %). Урожайность этой культуры достаточно высока – 4,0-6,0 т/га, но не всегда стабильна по годам выращивания, поэтому, наряду с селекционным улучшением культуры, большое значение приобретает разработка приемов, обеспечивающих стабильность

урожайности [9]. Дальнейшее значительное повышение продуктивности люпина связывают с разработкой технологических приемов, включающих регуляцию процессов формирования продуктивности с помощью стимуляторов роста [11].

Для получения высоких и устойчивых урожаев люпина, наряду с применением эффективных средств защиты растений от болезней и вредителей, важное место стали занимать регуляторы роста. Они позволяют усиливать или ослаблять признаки и свойства растений в пределах нормы реакции, определяемой генотипом [7]. Любые химические средства интенсификации независимо от направления их использования, будь то гербициды, протравители или фунгициды, значительно снижают ростовые процессы у люпина, так как эта культура является высокочувствительной по отношению к химическим препаратам [2]. Снять или уменьшить вредоносность пестицидов на культуру можно путем применения комплексных стимуляторов роста, физиологически активных веществ и микроудобрений, оптимизируя метаболизм растений, начиная с самого раннего гетеротрофного периода питания. Результат их применения приводит к видимым изменениям в росте и развитии растений, так как они оказывают широкий спектр воздействия на растения: ускоряют созревание, увеличивают продуктивность и улучшают качество урожая культур, а также снижают отрицательное влияние неблагоприятных факторов внешней среды [10]. Самым распространенным и дешевым способом повышения адаптационных свойств культуры является использование для защиты семян и растений стимуляторов роста, микроэлементов и аминокислот [4, 5]. Низкие нормы расхода этих препаратов и возможность управления процессами метаболизма растений определяют перспективность более широкого их применения в сельском хозяйстве [6].

Повышение продуктивности зернобобовых за счет использования биологических регуляторов роста, которые обеспечивают не только экологическую чистоту, но и снижение энергетических затрат, является актуальным в производстве. При оценке эффективности применения регуляторов роста необходимо установить количественные показатели и качественные характеристики приемов, а также соизмерить стоимость с дополнительными затратами, необходимыми для его проведения [3].

Существует острая необходимость расширения поиска эффективных комплексных стимуляторов роста для люпина белого с учетом сортовой отзывчивости, так как действие таких препаратов на этом виде исследованы недостаточно, их изучение позволит внести вклад в разработку теоретических основ регуляции роста и развития люпина. Данные о возможной и реально получаемой величине урожая, о том, насколько полно используются потенциальные возможности каждого вида культурных растений, необходимы для разработки технологии возделывания растений [1].

Цель исследований – сравнительное изучение действия комплексных стимуляторов роста нового поколения на формирование урожайности, качество зерна люпина белого для разработки новых технологических приемов возделывания.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2019-2020 годах на опытном поле ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в почвенно-климатических условиях юго-западной части Нечерноземной зоны. Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая. Закладка полевого опыта осуществлялась по Б. А. Доспехову (1985). Посев ручной. Площадь делянки – 10 м², норма высева – 1,0 млн всх. семян на 1 га. Повторность 4-х кратная. Размещение делянок систематическое. Схема опытов представлена в таблице 1. Материалом исследований служили сорта люпина белого с разными темпами роста: раннеспелый сорт Пилигрим и позднеспелый Алый парус. Изучались следующие стимуляторы роста: Циркон, Витазим, Фитактив Вита, Зеребра Агро.

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Experiment schema

Вариант / Variant	Способ и фаза применения / Application way and stage	Доза / Dose	Расход рабочей жидкости, л/га / Rate of working solution, l/ha
Контроль – вода / Standard – water			
Контроль – фон (K ₂ HPO ₄) / Standard – background (K ₂ HPO ₄)	Опрыскивание – 2 пары настоящих листьев, бутонизация / Spraying – 2 pairs of true leaves, bud formation	0,6 кг/га	300
Фон + Циркон / Background + Circone	Опрыскивание – 2 пары настоящих листьев, бутонизация / Spraying – 2 pairs of true leaves, bud formation	0,6 кг/га + 0,03 л/га, 0,03 л/га	300
Фон + Витазим / Background – Vitazim	Опрыскивание – 2 пары настоящих листьев, бутонизация / Spraying – 2 pairs of true leaves, bud formation	0,6 кг/га + 0,6 л/га, 0,6 л/га	300
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	Опрыскивание – 2 пары настоящих листьев, бутонизация / Spraying – 2 pairs of true leaves, bud formation	0,6 кг/га + 0,05 л/га, 0,07 л/га	100
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	Опрыскивание – 2 пары настоящих листьев, бутонизация / Spraying – 2 pairs of true leaves, bud formation	0,6 кг/га + 0,15 л/га, 0,15 л/га	300

Состав стимуляторов: Циркон – действующее вещество (д.в.) 0,1 г/л смесь гидроксикоричных кислот; Витазим – триаконтанол, брассиностероиды, кинетин, биотин, ниацин, тиамин, рибофлавин, кобаламин, порфирины, гликозиды, аминокислоты, цитозин, гуанин, индолилуксусная кислота, гиббереллиновая кислота, галловая кислота, глюкуроновая кислота, фолиевая кислота, пантотеновая кислота, салициловая кислота и салицилаты, ферменты, K₂O – 0,8 %, Cu – 0,007 %, Zn – 0,006 %, Fe – 0,2 %; Зеребра Агро, ВР – 500 мг/л коллоидное серебро + 100 мг/л полигексаметиленбигуанид гидрохлорида; Фитактив Вита (водорастворимый концентрат) – N – 70,8 г/л, P₂O₅ – 3,5 г/л, K₂O – 57,2 г/л, Mg – 3,2 г/л, Fe – 45 мг/л, Zn – 16 мг/л, Cu – 5 мг/л, Mn – 65 мг/л, Mo – 5 мг/л, B – 85 мг/л, I – 5 мг/л, Co – 5 мг/л, 2-этил-индол-3-н-пропилено-3,61,2фуллерен – 50 мг/л, 4-индолил-3-масляная кислота-10 мг/л, никотиновая кислота – 40 мг/л, глицин – 40 мг/л, тиамин – 40 мг/л). Характер влияния стимуляторов роста и развития зависит от фона минерального питания, поэтому они применялись на фоне монофосфата калия (K₂O – 28 %, P₂O₅ – 23 %) (2,0 г/л).

Опрыскивания вегетирующих растений проводили в фазы: 2 – 3 пары настоящих листьев и бутонизации, в дозах, указанных в схеме опыта. Перед посевом семена обрабатывали препаратом Витарос (2 л/т). В период вегетации (начало бутонизации, бобообразования) проводились обработки фунгицидами Ракурс (0,4 л/га), Спирит (0,7 л/га).

Фотосинтетические показатели определяли по методикам, изложенным в работах А. А. Ничипоровича (1970). Определение белка – методом Кьельдаля (Ермаков А. И., 1984), алкалоидов – колориметрическим методом Терехова в модификации ВНИИ люпина (Методические рекомендации, Брянск, 2012).

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2019, 2020 гг.) отличались от среднегодовых показателей по температурному режиму и по количеству осадков. Сумма активных температур за период вегетации люпина белого превышала среднегодовую: в 2019 – на 189,9 °С, в 2020 – на 97,0 °С. Количество осадков в 2019 году (ГТК – 1,21) отставало от нормы на 22,6 %. В 2020 году (ГТК –

2,05) сумма выпавших осадков в период вегетации превышала среднемноголетнее значение на 11,8 %. В годы исследований периоды с обильными осадками (ГТК – 3,90; 5,95) чередовались периодами с минимальным количеством (ГТК – 0,06; 0,08; 0,10). Различные метеоусловия в годы исследований дали возможность более объективной оценке эффективности применения стимуляторов роста на люпине белом.

Результаты и обсуждение. В годы исследований продолжительность вегетационного и межфазных периодов, главным образом, определялись генотипическими особенностями сортов и метеорологическими условиями вегетационного периода. Появление всходов люпина белого и их «дружность» во многом зависели от температуры и влажности почвы на глубине заделки семян. В 2019 году период «посев – всходы» составил у сорта Пилигрим 18 дней, в 2020 – 12 дней, у сорта Алы парус соответственно 20 и 13 дней. Изучаемые препараты не оказали заметного влияния на длину межфазных периодов развития растений изучаемых сортов, она полностью зависела от водно-температурного режима. Вегетационный период у сорта Пилигрим в среднем составил 100 дней, сорта Алы парус – 115 дней.

Линейный рост главного побега люпина белого завершился к периоду бобообразования, а к фазе сизо-блестящего боба высота растений люпина белого была максимальной (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность люпина белого (период «всходы – сизо-блестящий боб»), 2019-2020 гг.

Table 2 – Effect of growth regulators on the white lupin photosynthetic activity (stages «seedlings – gray-brilliant pod»), 2019 – 2020

Вариант / Variant	Высота растений, см / Plant height, cm	Площадь листьев, тыс. м ² /га / Leaves area, thsnd. m ² /ha	ФП, млн м ² /га·сутки / Photosynthetic potential, mill.m ² /ha per a day-and-night	ЧПФ, г/м ² , сутки / Net photosynthetic productivity, g/m ² , per a day-and-night
Пилигрим / Pilgrim				
Контроль / Standard	61,6	43,9	1,15	5,6
Контроль – фон / Standard – background	61,7	44,2	1,14	5,9
Фон + Циркон / Background + Circone	61,2	56,4	1,25	7,1
Фон + Витазим / Background + Vitazim	64,9	54,0	1,24	6,8
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	63,0	50,8	1,18	7,3
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	63,6	51,1	1,17	6,2
Алы парус / Alyi parus				
Контроль / Standard	81,6	44,6	2,59	7,1
Контроль – фон / Standard – background	81,6	45,0	2,72	7,3
Фон + Циркон / Background + Circone	82,3	58,0	2,92	8,4
Фон + Витазим / Background + Vitazim	83,6	55,0	2,83	8,9
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	84,9	57,2	3,00	8,1
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	78,2	49,0	2,80	7,4

Высота растений позднеспелого сорта Алы парус к фазе сизо-блестящего боба на 23,6 % (19,3 см) превышала высоту растений сорта Пилигрим. Применение стимуляторов роста обеспечивало увеличение этого показателя у растений обоих сортов. У сорта Пили-

грам максимальное значение признака отмечено при использовании Витазима, на 5,2 % выше, чем в контроле – фоне. У сорта Алый парус более других оказывал положительное влияние на высоту Фитактив Вита, превышение над фоном составляло 4,0 %. Очевидно в этих вариантах происходило усиление процессов метаболизма и, как следствие, большее поступление пластических веществ в растения обеспечивало их рост.

Ведущая роль в получении высоких урожаев принадлежит фотосинтезу и его продуктивности, которая, прежде всего, определяется размерами листьев. Применяемые препараты в годы исследований стимулировали увеличение ассимиляционной поверхности растений люпина. Как показывают данные таблицы 2, в среднем рост площади листьев в вариантах опыта по отношению к фону у сорта Пилигрим составил 20,0 %, у сорта Алый парус – 21,8 %. У раннеспелого сорта максимальными значениями характеризовались варианты с использованием Циркона и Витазима, соответственно на 27,6 и 22,2 % выше фона. У позднеспелого – варианты с Цирконом и Фитактивом Вита, превышение над фоном составило соответственно 28,9 и 27,1 %. Фотосинтетическую работу листьев характеризуют показатели фотосинтетического потенциала (ФП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ).

У изучаемых сортов прослеживалась четкая тенденция увеличения ФП после применения комплексных стимуляторов роста. У сорта Пилигрим максимальными значениями этого показателя отличались варианты с Цирконом (на 9,6 % выше контроля – фона) и Витазимом (на 8,8 % выше контроля – фона), у сорта Алый парус – с Цирконом (на 7,3 % выше контроля – фона) и Фитактивом Вита (10,3 % выше контроля – фона). В среднем за годы исследований при применении физиологически активных веществ происходило увеличение ЧПФ. Увеличения ЧПФ в вариантах опыта свидетельствует об активации фотосинтетической деятельности растений, обработанных регуляторами роста.

Чем активнее проходят процессы фотосинтеза, тем эффективнее они снабжают ассимилятами формирующиеся семена. Об этом свидетельствует корреляционный анализ, который позволил установить связь между ФП и урожайностью зерна, а также между ЧПФ и урожайностью зерна изучаемых сортов люпина. Сила этой связи определялась у сорта Пилигрим коэффициентами $r = 0,75$ и $r = 0,83$ соответственно, у сорта Алый парус – $r = 0,82$ и $r = 0,62$.

Для оценки плодородности определяли потенциал плодообразования и его реализацию как отношение числа плодов к числу цветков на растении, выраженное в процентах [1]. В процессе генеративного развития в годы исследований растения изучаемых сортов люпина белого сформировали следующее количество цветков: Пилигрим – от 23,8 до 27,7 штук, Алый парус – от 24,6 до 27,4 цветков (таблица 3). На реализацию потенциала продуктивности большое влияние оказывают биологические особенности культуры и условия выращивания. Часть цветков и часть завязавшихся на растениях бобов на последующих этапах развития редуцировались. Это является одной из основных проблем, сдерживающих рост потенциала урожайности не только люпина, но и многих бобовых культур. Редукция генеративных органов приводит к разрыву между потенциальной и реальной продуктивностью [1].

Использование стимуляторов роста на фоне монофосфата калия практически во всех вариантах способствовало активизации процессов формирования генеративных органов на растениях сорта Пилигрим. У этого сорта по вариантам опыта количество цветков по отношению к фону увеличивалось в среднем на 7,9 %. У сорта Алый парус только в варианте с Цирконом и Фитактивом Вита отмечен рост изучаемого показателя на 4,9 %. В остальных вариантах наблюдалась тенденция снижения количества цветков на растении и, особенно, в варианте с использованием препарата Зеребра Агро.

Таблица 3 – Плодообразующий потенциал люпина белого, 2019-2020 гг.

Table 3 – White lupin seed formation potential, 2019 – 2020

Вариант / Variant	Количество цветков, шт./растение / Number of flowers, unit per a plant	Количество завязавшихся бобов, шт. / растение / Number of set pods, unit per a plant	Реализация плодoобразующего потенциала, % / Realization of seed formation potential, %
Пилигрим / Pilgrim			
Контроль / Standard	23,8	9,0	37,8
Контроль – фон / Standard – background	24,3	10,2	41,9
Фон + Циркон / Background + Circone	26,6	13,4	50,3
Фон + Витазим / Background + Vitazim	27,7	11,7	42,2
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	25,1	11,7	46,0
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	25,5	10,2	40,0
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,61	0,61	
Алый парус / Alyi parus			
Контроль / Standard	25,7	9,4	36,5
Контроль – фон / Standard – background	26,1	10,5	40,2
Фон + Циркон / Background + Circone	27,4	13,2	48,2
Фон + Витазим / Background + Vitazim	25,6	11,1	43,3
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	27,2	11,8	43,3
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	24,6	10,4	42,2
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,71	0,50	

В рассматриваемые годы у обоих сортов отмечено положительное влияние регуляторов роста на количество завязавшихся бобов. Так, у сорта Пилигрим этот признак по отношению к контролю увеличивался в варианте с Цирконом на 31,4 %, Витазимом и Фитактивом Вита на 11,4 %. У сорта Алый парус согласно перечисленному ряду – на 25,7 %; 5,7 %; 12,4 %.

Наибольший эффект на реализацию плодoобразующего потенциала оказали обработки растений обоих сортов Цирконом. У сорта Пилигрим превышение над фоном в этом варианте составило 20,0 %, у сорта Алый парус – 19,9 %.

Основным критерием оценки технологического приема возделывания культуры является урожайность.

Двукратное опрыскивание растений изучаемыми препаратами на фоне монофосфата калия увеличивало урожайность семян изучаемых сортов. У сорта Пилигрим наибольшая прибавка отмечалась в варианте с использованием Циркона – 8,8 % по отношению к контролю – фону, немного ниже при применении Витазима и Фитактива Вита – 7,3 и 7,6 %. Максимальное повышение урожайности семян у сорта Алый парус обеспечивали препараты Витазим и Циркон соответственно на 19,1 и 17,2 % относительно контроля – фона (таблица 4).

Элементы структуры урожая, такие как количество бобов на растении, масса семян с растения, количество семян с растения, масса 1000 семян, имеют большое значение в реализации генетического потенциала сорта. Их реакция на действие ряда факторов может быть различной.

Таблица 4 – Влияние регуляторов роста на урожайность (т/га) семян люпина
белого, 2019-2020 гг.

Table 4 – Effect of growth regulators on seed yield (t/ha) of white lupin, 2019-2020

Вариант / Variant	2019	2020	Среднее / Average	Прибавка к фону, ± т/га / Rise to the background, ± t/ha
Пилигрим / Pilgrim				
Контроль / Standard	3,01	3,56	3,28	
Контроль – фон / Standard – background	3,04	3,55	3,30	
Фон + Циркон / Background + Circone	3,63	3,56	3,59	+ 0,29
Фон + Витазим / Background + Vitazim	3,45	3,62	3,54	+ 0,24
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	3,25	3,85	3,55	+ 0,25
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	3,19	3,74	3,47	+ 0,17
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,15	0,21		
Алый парус / Alyi parus				
Контроль / Standard	3,80	3,36	3,58	
Контроль – фон / Standard – background	3,98	3,45	3,72	
Фон + Циркон / Background + Circone	4,49	4,23	4,36	+ 0,64
Фон + Витазим / Background + Vitazim	4,65	4,21	4,43	+ 0,71
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	3,99	4,01	4,00	+ 0,28
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	3,88	3,78	3,83	+ 0,11
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,13	0,37		

Характер изменения структурных элементов урожайности под действием комплексных стимуляторов роста за годы исследований проявлялся в увеличении значений этих показателей по отношению к фону. Исследования показали, что изучаемые сорта имели разный уровень продуктивности растения. Раннеспелый сорт Пилигрим формировал от 4,7 до 5,5 г семян на растении, позднеспелый Алый парус – от 6,6 до 11,8 г семян (таблица 5). Максимальную продуктивность сформировали растения обоих сортов в вариантах с обработкой Витазимом и Цирконом. У сорта Пилигрим этот признак превышал фон на 14,6 и 12,5 %, у сорта Алый парус – на 28,3 % и 26,1 % соответственно. В этих же вариантах отмечено максимальное количество семян и масса 1000 семян.

Сохранность растений к уборке зависела от многих факторов, главным из которых являлось физиологическое состояние растений в течение всего периода вегетации. В среднем за годы исследований выживаемость растений была практически одинаковой: у сорта Пилигрим она находилась в пределах 82,0...89,0 %, у сорта Алый парус – 80,5...89,0 %. Использование изучаемого набора биологически активных веществ повышало этот показатель на 4,0... 9,3 %.

Оценка эффективности действия препаратов включала анализ их влияния на качество получаемой продукции. Для люпина основным показателем качества является содержание в зерне сырого протеина и алкалоидов. Эти компоненты подвержены колебаниям по годам выращивания. Варьирование определялось генотипом и условиями выращивания.

Таблица 5 – Элементы структуры урожая люпина белого, 2019-2020 гг.

Table 5 – White lupin yield structure elements, 2019-2020

Вариант / Variant		Продуктивность, г/растение / Productivity, g/plant	Количество бобов, шт. / Pods' number, unit	Количество семян с растения, шт. / Seed number per a plant / unit	Масса 1000 семян, г / 1000 seeds weight, g	Количество сохра- нившихся растений, %, Number of saved plants, %
Пилигрим / Pilgrim	Контроль / Standard	4,7	6,7	21,9	170,8	86,0
	Контроль – фон / Standard – background	4,8	7,0	20,5	176,0	82,0
	Фон + Циркон / Background + Circone	5,4	8,4	26,0	230,7	82,0
	Фон + Витазим / Background + Vitazim	5,5	8,5	26,2	234,5	87,0
	Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	5,1	9,3	22,0	185,5	89,0
	Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	5,0	7,2	23,2	186,1	87,0
	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,13	0,5	0,95		
	Контроль / Standard	6,6	6,3	23,8	250,8	85,0
Алый парус / Alyi parus	Контроль – фон / Standard – background	9,2	8,8	25,5	258,6	80,5
	Фон + Циркон / Background + Circone	11,6	11,0	39,7	262,9	86,5
	Фон + Витазим / Background + Vitazim	11,8	11,5	35,4	292,2	89,0
	Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	9,5	12,2	34,7	254,1	84,5
	Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	7,5	9,0	33,5	238,3	86,0
	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,81	2,0	2,65		

В среднем за годы исследований содержание сырого протеина в семенах сорта Пилигрим находилось уровне – 33,9-36,2 %. У сорта Алый парус – 33,2-37,1 %. Обработки не снижали этого показателя, напротив, отмечено повышение значений данного показателя у изучаемых сортов в среднем на 2,0-4,0 % (таблица 6).

Поскольку содержание алкалоидов в семенах является важным показателем его кормовой безопасности и зависит от генотипа, почвенно-климатических условий, агротехники выращивания, то качество зерна в большей мере определяется уровнем их содержания. У обоих сортов отмечалась тенденция роста алкалоидности семян, особенно в варианте с использованием Зеребра Агро. Следует отметить, что содержание алкалоидов в зерне всех вариантов было невысоким – 0,042-0,064 %. Повышение, вызываемое стимуляторами роста, не превышало допустимого количества для кормовых сортов люпина.

Для определения наиболее эффективных стимуляторов роста в технологии выращивания люпина белого проведена экономическая оценка изучаемых вариантов. При анализе производилось сопоставление материально-денежных затрат на единицу площади изучаемой культуры (1 га) и полученного урожая в натуральном и стоимостном выражении с помощью установленной системы экономических показателей. Экономический эффект выращивания люпина белого с использованием изучаемых препаратов складывался за счет увеличения выхода продукции с 1 га, а также изменения производственных затрат на единицу площади по сравнению с контролем-фоном.

Таблица 6 – Влияние регуляторов роста на качество зерна люпина белого, 2019-2020 гг.

Table 6 – Effect of growth regulators on white lupin grain quality, 2019-2020

Вариант / Variant	Содержание, % на абсолютно сухое вещество / Content, % per the absolute dry matter					
	сырой протеин / Crude protein			Алкалоиды / Alkaloids		
	2019	2020	Среднее / Average	2019	2020	Среднее / Average
Пилигрим / Pilgrim						
Контроль / Standard	33,1	34,8	33,9	0,044	0,046	0,045
Контроль – фон / Standard – background	35,6	34,6	35,1	0,039	0,045	0,042
Фон + Циркон / Background + Circone	37,0	35,4	36,2	0,045	0,053	0,049
Фон + Витазим / Background + Vitazim	37,1	34,3	35,7	0,045	0,058	0,051
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	35,8	35,0	35,4	0,051	0,060	0,055
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	35,2	33,6	34,4	0,059	0,069	0,064
Алый парус / Alyi parus						
Контроль / Standard	32,9	33,5	33,2	0,064	0,042	0,053
Контроль – фон / Standard – background	34,0	33,4	33,7	0,059	0,041	0,050
Фон + Циркон / Background + Circone	38,4	35,8	37,1	0,066	0,046	0,056
Фон + Витазим / Background + Vitazim	36,0	34,9	35,5	0,062	0,049	0,055
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	38,9	35,7	37,3	0,065	0,048	0,056
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	37,2	35,6	36,4	0,080	0,055	0,067

Анализ экономической эффективности показал, что все варианты с применением стимуляторов роста были рентабельны (таблица 7). У сорта Пилигрим наибольшая окупаемость затрат была в вариантах с опрыскиванием растений на фоне монофосфата калия препаратами Циркон – 7,11 рублей на рубль затрат и Фитактив Вита – 7,08 рублей на рубль затрат. Максимальная окупаемость затрат у сорта Алый парус отмечена в вариантах с применением Циркона – 16,9 рублей и Витазима – 9,3 рубля. Исходя из расчетов экономической эффективности можно заключить, что применение стимуляторов роста по вегетации на фоне монофосфата калия окупает затраты и дает прибыль.

Таблица 7 – Экономическая эффективность возделывания люпина белого, 2019-2020 гг.

Table 7 – Economical effectiveness of white lupin cultivation, 2019 – 2020

Вариант / Variant	Прибавка к фону, т/га / Rise to the background, t/ha	Чистый дополни- тельный доход, руб. / Net income, rubles	Окупае- мость, руб. / Payback / rubles
Пилигрим / Pilgrim			
Контроль / Standard			
Контроль – фон / Standard – background			
Фон + Циркон / Background + Circone	+ 0,29	10169,0	7,11
Фон + Витазим / Background + Vitazim	+ 0,24	6843,0	2,48
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	+ 0,25	8763,0	7,08
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	+ 0,17	4733,0	2,29
Алый парус / Alyi parus			
Контроль / Standard			
Контроль – фон / Standard – background			
Фон + Циркон / Background + Circone	+ 0,64	24169,0	16,89
Фон + Витазим / Background + Vitazim	+ 0,71	25643,0	9,30
Фон + Фитактив Вита / Background + Phytactiv Vita	+ 0,28	9963,0	8,05
Фон + Зеребра Агро / Background + Zerebra Agro	+ 0,11	2333,0	1,13

Выводы. Применение стимуляторов роста становится одним из важных приемов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. В связи с этим обоснование и разработка элементов технологии их применения на каждом виде люпина и сорте важны как с теоретической, так и с практической точки зрения.

В годы исследований изучаемые препараты вызвали направленную регуляцию развития растений люпина белого сортов Пилигрим и Алый парус, повышали функциональную активность их органов, что способствовало увеличению потенциала и хозяйственной эффективности продукционного процесса. Активный рост и развитие листовой поверхности, функциональная активность фотосинтетического аппарата растений сортов люпина белого Пилигрим и Алый парус под действием стимуляторов роста Циркон, Витазим, Фитактив Вита, Зеребра Агро способствовали более высокому уровню обеспеченности растений ассимилятами и создавали предпосылки для формирования повышенной урожайности культуры. Опрыскивание вегетирующих растений регуляторами роста на фоне монофосфата калия в фазы 2-х пар настоящих листьев и бутонизации увеличивали ФП и ЧПФ растений. К фазе сизо-блестящего боба ФП по сравнению с контролем – фоном увеличивался: у сорта Пилигрим в варианте с Цирконом на 9,6 % и Витазимом – на 8,8 %, у сорта Алый парус с Цирконом – на 7,3 % и Фитактивом Вита – на 10,3 %.

Наибольший эффект на реализацию плодообразующего потенциала оказали обработки растений обоих сортов Цирконом.

Характер изменения структурных элементов урожайности под действием комплексных стимуляторов роста за годы исследований проявлялся в увеличении значений этих показателей по отношению к фону.

Двукратное опрыскивание растений стимуляторами роста на фоне монофосфата калия увеличивало урожайность семян изучаемых сортов. У сорта Пилигрим наибольшая прибавка отмечалась в варианте с использованием Циркона – 8,8 % по отношению к кон-

тролю – фону, несколько ниже при применении Витазима и Фитактива Вита – 7,3 и 7,6 %. Максимальное повышение урожайности семян у сорта Алый парус обеспечивали препараты Витазим и Циркон соответственно на 19,1 и 17,2 % относительно контроля – фона.

Стимуляторы роста не снижали качества полученного зерна. Разная степень ответного действия на обработку экзогенными регуляторами роста вегетирующих растений люпина в значительной мере определялась восприимчивостью сортов.

Все варианты с применением стимуляторов роста были рентабельны. У сорта Пилигрим наибольшая окупаемость затрат отмечена в вариантах с опрыскиванием растений на фоне монофосфата калия препаратами Циркон (7,11 рублей на рубль затрат) и Фитактив Вита (7,08 рублей), у сорта Алый парус – в вариантах с применением Циркона (16,9 рублей) и Витазима (9,3 рубля). Применение стимуляторов роста Циркон, Витазим, Фитактив Вита, Зеребра Агро по вегетации на фоне монофосфата калия окупало затраты и давало прибыль.

Библиографический список

1. Ахундова В. А. Потенциальная и реальная продуктивность однолетних видов бобовых растений // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2003. № 4. С. 40-43.
2. Бруй И. Г., Холодинский В. В. Готовим к севу семена яровых зерновых и зернобобовых культур // Земледелие и растениеводство. 2021. № 6. С. 7-10.
3. Вильдфлуш И.Р., Малашевская О.В. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 117-120.
4. Клочкова О. В., Холодинский В. В. Эффективность обработки семян люпина узколистного защитно-стимулирующими составами с микроудобрениями // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 121-125.
5. Персикова Т. Ф., Радкевич М. Л. Динамика накопления основных элементов питания в надземной биомассе в период вегетации и урожайность люпина узколистного в зависимости от макро-, микроудобрений, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений // Земледелие и растениеводство. 2021. № 1. С. 14-18.
6. Персикова Т. Ф., Радкевич М. Л. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 37-40.
7. Продукционный процесс сортов люпина и его оптимизация путем использования регуляторов роста и развития / С. Н. Агаркова [и др.] // Вестник Орел ГАУ. 2012. № 2 (35). С. 40-44.
8. Федорова З. Н. Белковые концентраты на основе люпина в рационе дойных коров в условиях Калининградской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4. С. 170-174.
9. Характеристика районированных сортов белого и узколистного люпина селекции Всероссийского НИИ люпина / М. И. Лукашевич [и др.] // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси. Достижения науки – производству: материалы научно-практической конференции, посвященной 15-летию НПЦ НАН Беларуси по земледелию. Жодино, 8-9 июля 2021 г. Минск, 2021. С. 218-222.
10. Roupheal Y., Colla G. Biostimulants in agriculture // Frontiers in Plant Science 2020. Vol. 11. Iss. 40. P. 1-7.
11. The influence of bio-stimulants and foliar fertilizers on yield, plant features and the level of biochemical activity in white lupine (*Lupinus albus* L.) / A. Niewiadomska [et al.] // Agronomy. 2020. Vol. 10. Iss. 1. P. 150.

Информация об авторах

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

Яговенко Татьяна Владимировна, ведущий научный сотрудник направления физиологии растений ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Россия, 241524, Брянск, п/о Мичуринский, ул. Березовая, 2); кандидат биологических наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7398-320X>; E-mail: lupin.labphys@mail.ru

Пигарева Светлана Анатольевна, старший научный сотрудник направления физиология растений ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Россия, 241524, Брянск, п/о Мичуринский, ул. Березовая, 2); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1096-7536>; E-mail: lupin.labphys@mail.ru

Трошина Лариса Владимировна, старший научный сотрудник направления физиология растений ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Россия, 241524, Брянск, п/о Мичуринский, ул. Березовая, 2); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4956-1568>; E-mail: lupin.labphys@mail.ru

Мисникова Надежда Викторовна, ученый секретарь ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Россия, 241524, Брянск, п/о Мичуринский, ул. Березовая, 2); кандидат сельскохозяйственных наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5746-6539>; E-mail: lupin_nvsmisnikova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-11

SALT RESISTANCE EVALUATION OF SAFLORO DYE «*CARTHAMUS TINCTORIUS*»

N. A. Zaitseva, I. I. Klimova, E. V. Yachmeneva

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region*

Received 28.07.2022

Submitted 17.11.2022

Summary

The article presents the results of studies of salt resistance of varieties of safflower dye, which were carried out in laboratory conditions by germination in salt solutions. The data obtained allow us to consider safflower a suitable crop for growing on saline soils of the Lower Volga region.

Abstract

Introduction. The presence of salts in the root layer of the soil creates unfavorable conditions for growing plants. This leads to a delay in the development of plants, a breakdown in their vital functions and, as a result, a decrease in yield. The most active salinization is observed in arid and extra-arid climates, which are characterized by an excess of evaporation over precipitation. Light chestnut soils of the Astrakhan region often alternate with solonchak and solonetz complexes, therefore, for their rational use in agriculture, it is necessary to study the salt tolerance of agricultural crops. **Object.** Varieties of safflower dye of various ecological and geographical origin. **Materials and methods.** Studies of variety specificity to chloride salinity were carried out by the method of germination of safflower seeds in NaCl salt solutions of various concentrations. The evaluation was carried out according to the percentage of germinated seeds and germination energy. The studied varieties were divided into resistance groups according to the degree of germination. **Results and conclusions.** As a result of laboratory studies of salt tolerance of safflower seeds, it was found that at a NaCl concentration in the range of 1.40 ... 1.53% or 10.0 ... 11.0 atmospheres, most varieties show resistance to salinity. With an increase in salt concentration above 11.0 atm. the germination of most samples does not exceed 40%. Thus, on the basis of the study, in terms of salt tolerance, highly resistant varieties Krasa Stupinskaya (Russia) and Tsambuli (Tajikistan) can be recommended for inclusion in breeding programs, which had stable germination in salt concentrations from 10.0 to 13.0 atm., as well as resistant variety samples - Astrakhan 747 St (Russia), Shifo and Shahalli-260 (Tajikistan), Center 70 (Kazakhstan), Lesaf 175-1 (Canada), which maintained stable germination at the level of 40.0 ... 55.0% at a salt concentration of 10 .0 to 12 atm.

Key words: soil salinization, *Carthamus tinctorius*, salt solutions, salt resistance.

Citation. Zaitseva N.A., Klimova I.I., Yachmeneva E.V. Salt resistance evaluation of safflower dye «Carthamus tinctorius». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 89-96 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-11.

Author,s contribution. All authors of the study were directly involved in the implementation and analysis of this experiment. The authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflicts of interest.

УДК 633.854

ОЦЕНКА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО

Н. А. Зайцева, кандидат сельскохозяйственных наук

И. И. Климова, научный сотрудник

Е. В. Ячменёва, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 28.07.2022

Дата принятия к печати 17.11.2022

Актуальность. Наличие солей в корнеобитаемом слое почвы создает неблагоприятные условия для выращивания растений. Это приводит к задержке развития растений, расстройству их жизненных функций и, как следствие, уменьшению урожая. Наиболее активное засоление наблюдается при аридном и экстрааридном климате, который характеризуется превышением испарения над атмосферными осадками. Светло-каштановые почвы Астраханской области часто чередуются с солончаковыми и солонцовыми комплексами, поэтому для рационального их использования в земледелии необходимо изучение солеустойчивости сельскохозяйственных культур. **Объектами** исследования являлись сортообразцы сафлора красильного различного эколого-географического происхождения. **Материалы и методы.** Исследования сортоспецифичности к хлоридному засолению проводились методом проращивания семян сафлора в солевых растворах NaCl различной концентрации. Оценку проводили по проценту проросших семян и энергии прорастания. Исследуемые сортообразцы по степени прорастания были разделены на группы устойчивости. **Результаты и выводы.** В результате лабораторных исследований солеустойчивости семян сафлора было установлено, что при концентрации NaCl в пределах 1,40...1,53% или 10,0...11,0 атмосфер большинство сортообразцов показывают устойчивость к засолению. При повышении концентрации соли выше 11,0 атм. всхожесть большинства образцов не превышает 40%. Таким образом, на основе проведенного изучения, по солеустойчивости для включения в селекционные программы могут быть рекомендованы высокоустойчивые сортообразцы Краса Ступинская (Россия) и Цамбули (Таджикистан) имевшие стабильную всхожесть в концентрациях соли от 10,0 до 13,0 атм., а также устойчивые сортообразцы – Астраханский 747 St (Россия), Шифо и Шахалли-260 (Таджикистан), Центр 70 (Казахстан), Lesaf 175-1 (Канада), сохранявшие стабильную всхожесть на уровне 40,0...55,0% при концентрации соли от 10,0 до 12 атм.

Ключевые слова: засоление почв, сафлор красильный, солевой раствор NaCl, концентрация солей, лабораторная всхожесть семян, солеустойчивость сафлора.

Цитирование. Зайцева Н. А., Ячменева Е. В., Климова И. И. Оценка солеустойчивости сафлора красильного. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 89-96. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-11.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Засоление почв является актуальной проблемой нашего региона, так как это напрямую связано с недостаточным увлажнением полупустынной зоны Нижнего Поволжья. По радиационному режиму и климату северная часть Астраханской области близка к полупустыне. Сумма активных температур составляет 3300...3600°C, количество осадков редко превышает – 250...260 мм в год, при очень высокой испаряемости, коэффициент увлажнения очень низкий: 0,25-0,27 [2].

Только в Астраханской области засоление сельскохозяйственных угодий достигло почти 55 %. Площадь засоленных почв постепенно увеличивается из-за орошения. Развитие вторичного засоления почв обусловлено ошибками в сельскохозяйственном производстве, в результате недостаточного знания основных законов соленакопления в почвах и грунтах. Засоленные почвы низкоплодородны и отличаются малым содержанием гумуса, а значит, питательные вещества не попадают в достаточном количестве к растениям для их нормального роста и развития, что может частично или полностью вывести сельскохозяйственные земли из оборота [1, 10, 11].

В структуре почвенного покрова полупустынной зоны Астраханской области основными являются светло-каштановые, солонцы, лугово-каштановые, бурые почвы различной степени солонцеватости и солончаковатости. Почвы территории изучения светло-каштановые до глубины 60 см являются практически незасоленными или слабо-засоленными хлоридно-сульфатными магниевыми-кальциевыми солями, сильная степень засоления обнаруживается здесь только с глубины 180 см. Содержание гумуса низкое, не превышает в слое почвы 0-0,4 м – 0,81-0,92 %. Реакция солевой вытяжки (рН) почвы – 8,29-8,60. Почва по своему составу бедна азотом, как нитратным, так и аммонийным, содержание фосфора низкое, калия – очень высокое. В солонцах степень засоления обнаруживается с глубины 48 см, свидетельствуя о меньшей опресненности профиля по сравнению с окружающими их светло-каштановыми почвами [2, 6].

Различные растения по-разному чувствительны к засолению почвы. Большинство культурных растений снижают свою продуктивность и не могут развиваться на почвах с повышенным содержанием солей. Засоление отрицательно влияет на корневую систему растений, корни не могут поглощать воду и минеральные вещества, вследствие чего рост растений замедляется, и урожайность значительно снижается. К солеустойчивым в основном относят растения южного происхождения, где засоление почв – это частое явление. Между солеустойчивостью и засухоустойчивостью существует тесная связь. Виды и сорта растений, которые были приспособлены к возделыванию в засушливых условиях, наиболее солеустойчивы, что можно объяснить их способностью к регуляции водного обмена [5, 7, 8]. Для освоения засоленных земель необходим поиск и создание новых солеустойчивых сортов и видов растений.

Сафлор является засухоустойчивой культурой, нетребовательной к почвенным показателям. Его способность произрастать на солонцеватых почвах в условиях степей и полупустынь и давать при этом стабильные урожаи маслосемян выгодно отличает эту культуру от многих других [3].

Цель нашего исследования – изучение и выделение для дальнейшей селекционной работы сортообразцов сафлора красильного по солеустойчивости.

Материалы и методы. Материалом для исследований послужили сортообразцы сафлора красильного различного эколого-географического происхождения.

Солеустойчивость образцов определялась лабораторным методом с учетом энергии прорастания и всхожести семян в солевых растворах NaCl различной концентрации. Техническая простота этого метода, производительность и надежность позволяет проводить его в качестве начального этапа работы по оценке устойчивости сортового и селекционного материала к засолению [4, 9].

Ход лабораторных исследований:

1. Подготовка семян. Для сравнительной оценки образцов выбирали семена 2021 года репродукции. Отбирали здоровые, нормально выполненные семена. Предварительно определяли их всхожесть. Перед началом опыта семена были продезинфицированы. Для этого семена с этикетками помещали в марлевые мешочки (каждый образец отдельно) и погружали на 7 минут в раствор с формалином (1 часть формалина на 100 частей воды).

2. Стерилизация чашек. Чашки Петри с фильтровальной бумагой заблаговременно простерилизовали при температуре 150°C в течение 2 часов.

3. В каждую чашку Петри наливали 5-6 мл раствора NaCl в необходимой концентрации (от 10 до 16 атмосфер) или дистиллированной воды (контроль) и раскладывают по 50 семян в двукратной повторности.

4. Семена проращивали при температуре 25±2 °C в течение 7 суток в термостате. Энергию прорастания определяли на 4 сутки, всхожесть на 7 сутки согласно ГОСТ 12038-84.

5. Энергию прорастания определяли по формуле:

$$X = \frac{50-n}{50} \times 100 \quad (1)$$

где n – количество непроросших семян, шт.; 50 – количество зерен в аналитической пробе, шт.

6. По окончании проращивания по каждому варианту определяли число проросших семян и рассчитывали процент всхожих семян, в растворах соли приняв за 100% число семян, проросших в дистиллированной воде.

Размещение сортов в разные группы устойчивости проводили по степени их прорастания: 1 – высокоустойчивые – проросло более 80 % семян, 2 – устойчивые – от 61 до 80 %, 3 – среднеустойчивые – от 41 до 60 %, 4 – слабоустойчивые – от 21 до 40 %, 5 – неустойчивые – менее 20 %.

Результаты и обсуждение. В результате лабораторного проращивания семян сафлора в солевых растворах было установлено, что устойчивость изучаемых образцов различна. Самую низкую устойчивость показывали образцы Живчик (Украина) и Заволжский 1 (Россия), семена которых имели низкую всхожесть (на 7 сутки) на уровне 11...17 % при концентрации соли 11 атм. (1,53 %), а при концентрациях 11,5...16 атм. вообще не имели всходов.

Все изучаемые образцы сафлора красивого из Канады и Мексики (Saffire, Gila, Oker, Centennial, Sinaloa-90) показали себя не солеустойчивыми, так как даже при низких концентрациях соли в 10-10,5 атм. они имели низкую всхожесть, не превышающую 40 % и были отнесены нами к группам среднеустойчивых, а при более высоких концентрациях соли в 11-12 атм. к слабоустойчивым и неустойчивым. У этих образцов отмечались низкие показатели энергии прорастания – 15...45 %.

Ряд образцов показал высокую степень устойчивости к засолению, в основном это образцы из России, Таджикистана и Казахстана (таблица).

Из 22 изучаемых сортообразцов выделились 15, которые имели высокие показатели энергии прорастания и всхожести в различных по концентрации растворах NaCl.

На контрольном варианте с применением дистиллированной воды процент всхожести семян на всех образцах находился в пределах от 87,5 до 98,9%, а энергия прорастания составляла 72,5...97,5 %.

Таблица – Солеустойчивость семян сафлора при прорастании в различных концентрациях NaCl, %

Table – Salt tolerance of safflower seeds during germination in various concentrations of NaCl, %

Название сорта / Name of the variety	Происхождение / Origin	Концентрация солевого раствора NaCl, атм. / Concentration of NaCl salt solution, atm.									
		Контроль / Control	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0		
Астраханский 747 St / Astrakhan 747 St	Россия (ПНИИАЗ) / Russia (PNIIAZ)	88,6	87,5±8	77,1±10	60,0±11	57,1±11	42,9±11	34,3±10	30,6±10		
Милютинский 114 / Milutinsky 114	Россия (Милютинская ГСС) / Russia (Milyutinskaya GSS)	92,5	77,8±9	61,1±11	47,2±11	44,4±11	33,3±10	33,3±10	30,6±10		
Lesaf 175-1	Канада / Canada	90,0	68,6±10	57,1±11	48,6±11	45,7±11	42,9±11	34,3±10	17,1±8		
Александрит / Alexandrite	Россия (ВНИИКС) / Russia (VNIISH)	92,5	59,5±11	54,1±11	48,6±11	48,6±11	32,4±10	24,3±9	18,9±8		
Акмай / Akmay	Казахстан / Kazakhstan	87,5	74,3±10	62,9±11	42,9±11	31,4±10	28,6±10	22,9±9	17,1±8		
Молдир / Moldir	Казахстан / Kazakhstan	90,0	69,4±10	55,6±11	44,4±11	36,1±11	36,1±11	33,3±10	26,5±10		
Нурлан / Nurlan	Казахстан / Kazakhstan	90,0	66,7±10	55,6±11	47,2±11	41,7±11	36,1±11	27,8±10	22,2±9		
ВИР 2933 / VIR 2933	Таджикистан / Tajikistan	90,0	86,1±8	69,4±10	61,1±11	52,8±11	30,6±10	30,6±10	33,3±10		
Шифо / Shifo	Таджикистан / Tajikistan	97,5	71,8±10	64,1±10	59,0±10	48,7±11	43,6±10	30,8±10	23,1±9		
Шахали-260 / Shah Ali-260	Таджикистан / Tajikistan	87,5	80,0±9	65,7±11	54,3±11	51,4±11	40,0±11	37,1±11	28,6±10		
Цамбули / Tsambuli	Таджикистан / Tajikistan	94,3	87,5±7	71,4±10	65,7±10	65,7±10	57,1±11	48,6±11	48,6±11		
Ширкас / Shirkas	Казахстан / Kazakhstan	95,0	86,8±7	65,8±10	52,6±11	44,7±11	39,5±10	39,5±10	26,3±9		
Талан / Talan	Казахстан / Kazakhstan	97,5	76,9±9	61,5±10	43,6±10	38,5±10	38,5±10	38,5±10	33,3±10		
Центр 70 / Center 70	Казахстан / Kazakhstan	98,9	95,0±5	87,5±7	82,5±8	65,0±10	55,0±10	45,0±10	32,5±10		
Краса Ступинская / Krasa Stupinskaya	Россия / Russia	98,9	95,0±5	87,5±7	87,5±7	87,5±7	82,5±8	67,5±10	65,0±10		

При концентрации NaCl в 10 атм. (1,40 %) энергия прорастания снижалась у выделенных сортообразцов до 50,0...85,0 %, а всхожесть 59,5...95,0 %. При этом у менее устойчивых образцов из Канады, Мексики и Украины энергия прорастания снижалась до 20,0...40,0 %, а всхожесть не превышала 63 %. Сортообразцы Астраханский 747, ВИР 2933, Цамбули, Ширкас, Центр 70, Краса Ступинская были отнесены к группе высокоустойчивых образцов (проросло свыше 80 % семян), остальные из выделенных образцов были отнесены к группе устойчивых (проросло от 61 до 80 % семян).

Каждое последующее увеличение концентрации раствора приводило к снижению энергии прорастания и всхожести семян и, соответственно, уменьшению количества солеустойчивых сортов.

Так, увеличение концентрации раствора до 10,5 атм. (1,47 %) уменьшило энергию прорастания до 42,5...80,0 %, а процент всхожести до 55,6...87,5 %. При этой концентрации к группе высокоустойчивых относились образцы Центр 70 и Краса Ступинская, остальные образцы относились к устойчивым, за исключением образцов Акмай, Молдир и Нурлан из Казахстана, которые имели всхожесть на 41...60 % и были отнесены к среднеустойчивым.

При концентрации солевого раствора 11 атм. (1,53 %) высокоустойчивыми показали себя сортообразцы – Центр 70, Краса Ступинская имевшие всхожесть 82,5 и 87,5 % соответственно. При этом у сорта Краса Ступинская отмечалась высокая энергия прорастания – 90,0 %.

Увеличение концентрации раствора соли до 11,5 атм. (1,60%) уменьшало всхожесть изучаемых образцов до 8...66 %, но сорт Краса Ступинская при этой концентрации также имел высокую всхожесть – 87,5 %, и относился к группе высокоустойчивых образцов. Сортообразцы из Таджикистана – Цамбули, и Казахстана – Центр 70, были отнесены в данной концентрации к группе устойчивых к засолению образцов, так как показывали всхожесть на уровне 65...65,7 %. Энергия прорастания у сортообразца Краса Ступинская составляла 75 %, что ниже, чем при концентрации NaCl 11 атм. на 15 %. Также высокую энергию прорастания на 4 сутки показывали образцы – Астраханский 747 St, Шифо – 67,5 %, Цамбули – 65,0 %.

При концентрации в 12 атм. (1,68 % NaCl) всхожесть снижалась на 5...15 % в зависимости от сортообразца. При этом наиболее высокая всхожесть отмечалась у сорта Краса Ступинская – 82,5 %, при энергии прорастания – 67,5%. Часть образцов показывала среднюю устойчивость в данной концентрации с всхожестью 41,7...57,1 % (Астраханский 747 St, Lesaf 175-1, Шифо, Цамбули, Центр 70), у остальных образцов всхожесть не превышала 40 %.

При увеличении концентрации до 12,5 атм. (1,75 %) только сорт Краса Ступинская показывал себя устойчивым образцом с энергией прорастания и всхожестью на уровне 67,5 %. К третьей группе (среднеустойчивых) относились образцы Цамбули (Таджикистан) и Центр 70 (Казахстан), имевшие всхожесть 48,6 и 45,0 %, соответственно, при этом энергия прорастания у них снижалась на 10 % относительно концентрации 12 атм.

При концентрации 13 атм. (1,82 % NaCl) всхожесть наиболее устойчивого образца Краса Ступинская (Россия) снижалась до 65 %, а остальных наиболее устойчивых образцов изучаемой коллекции – до 17,1...48,6 %, при энергии прорастания, не превышающей 50 %.

Каждое последующее увеличение концентрации NaCl значительно уменьшало количество способных прорасти в данных условиях образцов. В итоге увеличение концентрации соли до 16 атм. (2,23 %) показало, что из 28 изучаемых образцов только

2 образца (Краса Ступинская и Ширкас) имели всхожесть на уровне 25,0...28,9 % и энергию прорастания 12,5...27,5 %. Остальные образцы либо совсем не имели всходов, либо они не превышали 2,6...9,1 %.

Сортообразец из Таджикистана – Цамбули, показывал устойчивую всхожесть на уровне 22,9...34,3 % при концентрациях 13,5;14,0;14,5 и 15 атм. До концентрации в 14 атм. (1,95 %) стабильная всхожесть на уровне 20,5...22,5 % отмечалась и у образцов Шифо из Таджикистана и Центр 70 из Казахстана.

Выводы. Анализируя полученные лабораторные данные по степени прорастания семян сафлора красильного на четвертые и седьмые сутки в различных концентрациях соли, выделили перспективные сортообразцы, которые можно отнести с высокой степенью к солеустойчивым.

Как правило, наиболее устойчивыми к различным концентрациям соли показывали себя образцы, происходившие из стран с более жарким и сухим климатом, таких как Таджикистан, Казахстан и Россия.

Наибольшая всхожесть при повышении концентрации солевого раствора с 10 до 13 атмосфер (1,40...1,82 %) была отмечена у сортообразцов Цамбули из Таджикистана – 87,5...48,6 %, и Краса Ступинская из России – 95,0...65,0 %, которые можно отнести к образцам с высокой солеустойчивостью. К устойчивым сортообразцам можно отнести и местный сорт Астраханский 747 St (Россия), а также сорта Шифо и Шахалли-260 (Таджикистан), Центр 70 (Казахстан), Lesaf 175-1 (Канада), сохранявшие стабильную всхожесть на уровне 40,0...55,0 % при концентрации соли 1,68 % (12 атм.).

Библиографический список

1. Агрохимическая характеристика почв Астраханской области / Ю. Б. Салина, С. О. Александров, А. М. Шантасов, Е. А. Худякова, Р. М. Белялов // Справочник. Астрахань, 2020. 68 с.
2. Зволинский В. П. Почвенные и растительные ресурсы, их изменение в результате сельскохозяйственной деятельности // Агроэкология и земледелие Северного Прикаспия. Москва, 1992. Т. 1 228 с.
3. Изучение коллекционных образцов сафлора красильного в засушливых условиях Астраханской области / Н. А. Зайцева, Е. В. Ячменева, И. И. Климова, А. С. Дьяков // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 29-29.
4. Методические указания по определению солеустойчивости зерновых бобовых культур по прорастанию и выживаемости семян в солевых растворах. Ленинград: ВИР, 1979. 11 с.
5. Пелипенко В. Н., Яковлева А. В., Федотова А. В. Современное состояние засоленных почв Дельты Волги // Фундаментальные исследования. 2005. № 8. С. 58-60.
6. Перспективные сортообразцы сафлора для возделывания в различных условиях увлажнения на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья / Н. А. Зайцева, Е. В. Ячменева, И. И. Климова, А. С. Дьяков // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2021. № 3. С. 23-27.
7. Салина Ю. Б., Тютюма Н. В., Тютюма А. В. Засоление как критический фактор плодородия земель Астраханской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 32. С. 5-8.
8. Стаценко А. П., Блинохватов А. А. Оценка солеустойчивости полевых культур // Инновационная техника и технология. 2019. № 2 (19). С. 34-37.
9. Удовенко В. Г. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. М., 1988. 288 с.
10. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms / Jose Ramon Acosta-Motos, Maria Fernanda Ortuno, Agustina Bernal-Vicente, Pedro Diaz-Vivancos, Maria Jesus Sanchez-Blanco, Jose Antonio Hernandez // Agronomy. 2017. № 7 (1). P. 18.
11. Potential Use of Halophytes to Remediate Saline Soils / Mirza Hasanuzzaman, Kamrun Nahar, Md. Mahabub Alam, Prasanta C. Bhowmik, Md. Amzad Hossain, Motior M. Rahman, Maieti Narasimha, Vara Prasad, Munir Ozturk, Masavuki Fuiita // Salt Stress in Plants. 2013. Pp. 113-156.

Информация об авторах

Зайцева Надежда Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лаб. селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный д.8) тел. 8-927-562-19-50, e-mail: konf_pniiaz@mail.ru

Климова Ирина Ивановна, научный сотрудник лаб. селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный д.8) тел. 8-927-579-32-92, e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru

Ячменева Екатерина Васильевна, младший научный сотрудник лаб. селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный д.8) тел. 8-927-567-44-89, e-mail: rfn.yz2009@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-12

THE EFFECT OF THE PLANT GROWTH STIMULATOR SUCCINIC ACID ON THE ROOTABILITY OF PEAR VARIETIES AND FORMS IN ARTIFICIAL FOG CONDITIONS

I. V. Zatsepina

*“Federal state budget scientific institution I. V. Michurin” Federal scientific center
Breeding and genetic center Michurinsk*

Received 27.06.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. Succinic acid is a plant growth stimulant that is able to stimulate the root system, with the help of such a drug, you can grow healthy planting material, as it protects various crops from various diseases. **Material and methods.** The study of the rootability of green cuttings of varieties and forms of pears was carried out in a greenhouse with a film coating equipped with a fog-forming installation. As substances stimulating the processes of root formation, a preparation was used: succinic acid (200 mg/l), water (H₂O) was used as a control. The objects of research were pear varieties: Svetlyanka (k), Nika, Pervomayskaya, Yakovlevskaya, August dew, Irista, Miracle worker, February souvenir and pear shapes: Kavkazskaya, 4-26, 4-39, K-1, K-2, OHF 333, Piro II. breeding of the I.V. Michurin VNIIGiSPR FGBNU. The zoned variety Svetlyanka was used as a control. **Results and conclusions.** When treated with plant growth regulator succinic acid, green pear cuttings K-1, K-2, OHF 333, Piro II had the greatest result, this indicator was 80.0 – 80.5%, respectively. Without the use of plant growth regulators, the forms K-1, K-2, OHF 333, Piro II had high rooting rates of green pear cuttings (from 70.5 to 75.9%). The greatest results of the length of increments (from 10.0 to 13.0 cm) were characterized by the forms of Caucasian pear, 4-26, 4-39, K – 1, K – 2, OHF 333, Piro II and varieties Svetlyanka (k), Nika. The largest diameter of the conditional root neck (1.0 cm) was characterized by the forms of the Caucasian pear, 4-26, 4-39, K – 1, K – 2, OHF 333, Piro II. The best result of the number of roots (from 6.0 to 7.0 pcs.) had pear shapes 4-39, K – 2, OHF 333, Piro II and the variety Svetlyanka (k). The largest root length (from 8.0 to 8.6 cm) had the forms of pears Caucasian, 4-26, 4-39, K – 1, K – 2, OHF 333, Piro II and varieties of Nika, August dew, Irista, Miracle worker, February souvenir. Without the use of plant growth stimulators, the largest plant height (from 10.1 to 12.1 cm) was possessed by the forms of Caucasian pear, 4-26, 4-39, K – 1, K – 2, OHF 333, Piro II. The largest number of roots (from 5.0 to 6.5 pcs.) had pear shapes 4-39, K – 2, OHF 333, Piro II and varieties Svetlyanka (k), Nika, Pervomayskaya. The largest root length without the use of plant growth regulators was characterized by the forms of the Caucasian pear, 4-26, 4-39, K – 1, K – 2, OHF 333, Piro II and Nika varieties, February souvenir, this indicator varied from 7.0 to 7.5 cm.

Keywords: plant growth stimulator; varieties; forms; green cuttings; greenhouse.

Citation. Zatsepina I. V. The effect of the plant growth stimulator succinic acid on the rootability of pear varieties and forms in artificial fog conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 96-104 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-12.

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

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

УДК 634.13:631.544.71:631.535:631.811.98

ВОЗДЕЙСТВИЕ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ НА УКОРЕНЯЕМОСТЬ СОРТОВ И ФОРМ ГРУШИ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ТУМАНА

И. В. Зацепина, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина»

«Селекционно-генетический центр – Всероссийский научно-исследовательский институт
генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина», г. Мичуринск

Дата поступления в редакцию 27.06.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Янтарная кислота – это стимулятор роста растений, который способен стимулировать корневую систему. С помощью такого препарата можно выращивать здоровый посадочный материал, так как он защищает сельскохозяйственные культуры от различных болезней. **Материал и методы.** Изучение укореняемости зеленых черенков сортов и форм груши было проведено в теплице с пленочным покрытием, оснащенной туманообразующей установкой. В качестве веществ, стимулирующих процессы корнеобразования, использовали препарат янтарную кислоту (200 мг/л), в качестве контроля использовали воду (H₂O). **Объектами исследований** являлись сорта груши: Светлянка (к), Ника, Первомайская, Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир и формы груши: Кавказская, 4-26, 4-39, К-1, К-2, ОНФ 333, Ріго II. селекции ФГБНУ ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина. В качестве контроля использовался районированный сорт Светлянка. **Результаты и выводы.** При обработке регулятором роста растений янтарной кислотой наилучший результат имели зеленые черенки груши К-1, К-2, ОНФ 333, Ріго II данный показатель составлял 80,0-80,5 % соответственно. Без использования регуляторов роста растений высокими показателями укоренения зеленых черенков груши (от 70,5 до 75,9 %) обладали формы К-1, К-2, ОНФ 333, Ріго II. Наибольшими результатами длины приростов (от 10,0 до 13,0 см) характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сорта Светлянка (к), Ника. Наибольшим диаметром условной корневой шейки (1,0 см) характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II. Лучшим результатом количества корней (от 6,0 до 7,0 шт.) обладали формы груши 4-39, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сорт Светлянка (к). Наибольшую длину корней (от 8,0 до 8,6 см) имели формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сорта Ника, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир. Без использования стимуляторов роста растений наибольшей высотой растений (от 10,1 до 12,1 см) обладали формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II. Наибольшее количество корней (от 5,0 до 6,5 шт.) имели формы груши 4-39, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сорта Светлянка (к), Ника, Первомайская. Наибольшей длиной корней без использования регуляторов роста растений характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сорта Ника, Февральский сувенир данный показатель варьировал от 7,0 до 7,5 см.

Ключевые слова: стимуляторы роста растений, янтарная кислота, сорта груши, укореняемость черенков груши, формы груши.

Цитирование. Зацепина И. В. Воздействие стимулятора роста растений янтарной кислоты на укореняемость сортов и форм груши в условиях искусственного тумана. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 96-104. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-12.

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. На сегодняшний день всё больше используют различные препараты в сельском хозяйстве. Согласно литературным источникам, такие стимуляторы способны защищать растения от фитопатогенов и в то же время проводить санацию почвы, т.е. ее оздоровление [6].

Нынешний уровень развития сельского хозяйства вызывает необходимость дальнейшей интенсификации в садоводстве. Благодаря фитогормонам регулируются многие процессы жизнедеятельности растений, за счет данных препаратов происходит ускоренное прорастание семян, рост, дифференциация тканей и органов, цветение, созревание плодов, укореняются плодовые культуры, такие как груша, яблоня, вишня, слива и многие другие культуры. Также благодаря им многие культуры не повреждаются болезнями и вредителями. Как говорят ученые, стимуляторы роста растений ускоряют процесс укоренения черенков при размножении плодовых и декоративных культур. [7, 9, 10, 12].

На нашем рынке в продаже к настоящему времени имеется достаточно большое количество препаратов с ростостимулирующим действием, которые ускоряют рост и развития растений. Из научных публикаций известно, что регуляторы роста ускоряют процесс укоренения черенков при размножении плодовых и декоративных культур. Значительный опыт учёных свидетельствует, что при употреблении различных стимуляторов роста растений можно увеличить выход и улучшить качество саженцев. В настоящее время привлекают внимание препараты нового поколения, которые признаны экологически безопасными и имеют широкий спектр биологического действия, а также характеризуются адаптогенными и антиоксидантными свойствами. Благодаря фитогормонам регулируются многие процессы жизнедеятельности растений, за счет данных препаратов происходит ускоренное прорастание семян, рост, дифференциация тканей и органов, цветение, созревание плодов, укореняются плодовые культуры, такие как груша, яблоня, вишня, слива и многие другие культуры. Также благодаря им многие культуры не повреждаются болезнями и вредителями и абиотическим условиям среды. Особый интерес вызывает изучение вопроса эколого-физиологического аспекта влияния foliarной обработки биоорганическими препаратами на рост и развитие конкурентоспособной продукции растениеводства в контролируемых условиях защищенного грунта [5, 8].

В последние годы стимуляторы роста растений с биологической активностью применяются при выращивании многих сельскохозяйственных культур. Стимуляторы роста растений дают возможность интенсифицировать и механизировать многие производственные процессы в сельском хозяйстве [4].

Среди стимуляторов роста растений в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к использованию на территории Российской Федерации», есть группа стимуляторов роста растений, действующим веществом которых являются тритерпеновые кислоты, приобретаемые из хвои пихты сибирской. Для получения природной смеси тритерпеновых кислот из хвои (древесной зелени) пихты разработаны разные технологические способы ее выделения, применяемые для производства разных стимуляторов роста [1, 11].

Груша является очень трудной семечковой культурой, которая укореняется без специализированных химических препаратов.

На сегодняшний день существует много стимуляторов роста растений, с помощью которых различные плодовые культуры, в том числе и груша, могут укореняться.

На данный момент в нашей работе мы использовали янтарную кислоту.

Янтарная кислота для растений – это кристаллический порошок белого цвета, по вкусу напоминает лимонную кислоту. Она содержится в небольших количествах во многих растениях, янтаре. В чистом виде ее можно встретить в устрицах, кефире, простокваше, сыре, винах с большим сроком выдержки, то есть в продуктах, которые проходили процесс брожения. А также она имеется в продуктах с содержанием дрожжей, например, в хлебе. Есть в репе, алоэ, боярышнике, сахарном тростнике, недозревших ягодах [2].

Материалы и методы. Закладку опытов проводили в ФГБНУ «Федеральном научном центре имени И. В. Мичурина» в подразделении «Селекционно-генетический центр им. И. В. Мичурина». Изучение укореняемости зеленых черенков сортов и форм груши было проведено в теплице с пленочным покрытием, оснащенной туманообразующей установкой по общепринятой методике, разработанной Коваленко Н. Н. [3].

Объектами исследований являлись сорта груши: Светлянка (к), Ника, Первомайская, Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир и формы груши: Кавказская, 4-26, 4-39, К-1, К-2, ОНФ 333, Ріго II. В качестве веществ, стимулирующих процессы корнеобразования, использовали препарат янтарную кислоту (200 мг/л), в качестве контроля использовали воду (H₂O).

Метод зеленого черенкования предусматривает выращивание полноценных саженцев из побегов текущего года (длина 12-15 см), взятых с материнского растения. В экспериментах использовались маточные растения различного возраста: деревья 7-12 лет, кустарники 5-10 лет. Размер черенка определялся длиной междоузлий. У сильнорослых побегов они нарезались с одним междоузлем, у слаборослых – двумя-четырьмя. Нижние листья удалялись полностью, верхние – укорачивались или оставлялись целыми. Срезы осуществлялись лезвием острой бритвы, т.к. при этом способе не допускалось сжатие живых клеток луба и повреждение коры. Побег срезался в утренние часы. Учитывалось их местоположение на материнском растении и черенка на побеге. Для черенкования использовались боковые отрастающие побеги из средней части кроны. Черенки высаживали во влажный субстрат под углом 45°. В качестве субстрата укоренения применяли смесь торфа и речного песка в соотношении 1 : 1. Схема посадки – 5×5 см. Опыты закладывались в трехкратной повторности по 120 черенков в каждом повторении.

Результаты и обсуждение. По результатам проведенных исследований было установлено, что наибольшей укореняемостью при использовании стимулятора роста растений янтарной кислоты (200 мг/л) наилучший результат имели зеленые черенки груши К-1, К-2, ОНФ 333, Ріго II данный показатель составлял 80,0-80,5 % соответственно. Хорошую укореняемость (от 50,3 до 69,4 %) продемонстрировали формы груши Кавказская, 4-26, 4-39 и сорта груши Светлянка (к), Ника, Первомайская, Яковлевская. Средними показателями (от 35,8 до 48,8 %) характеризовались сорта груши Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир (рисунки 1 и 2).

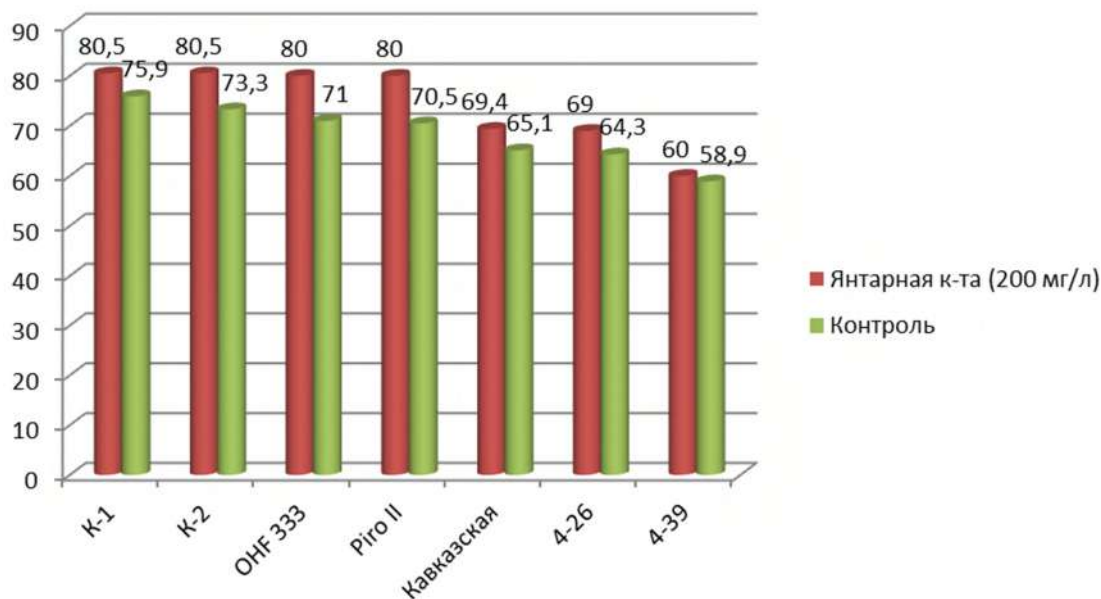


Рисунок 1 – Влияние стимулятора роста растений на выход укоренение форм груши

Figure 1 – The effect of plant growth stimulator on the rooting yield of pear forms

Без использования регулятора роста растений высокими показателями укоренения зеленых черенков груши (от 70,5 до 75,9 %) обладали формы К-1, К-2, ОНФ 333, Ріро II. Хорошей укореняемостью (от 51,8 до 65,1 %) характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39 и сорта Светлянка (к), Ника. Меньшими результатами обладали сорта груши Первомайская – 48,3 %; Яковлевская – 47,4 %; Августовская роса – 40,5 %; Ириста – 39,1 %; Чудесница – 37,3 %; Февральский сувенир – 35,8 % (рисунки 1 и 2).

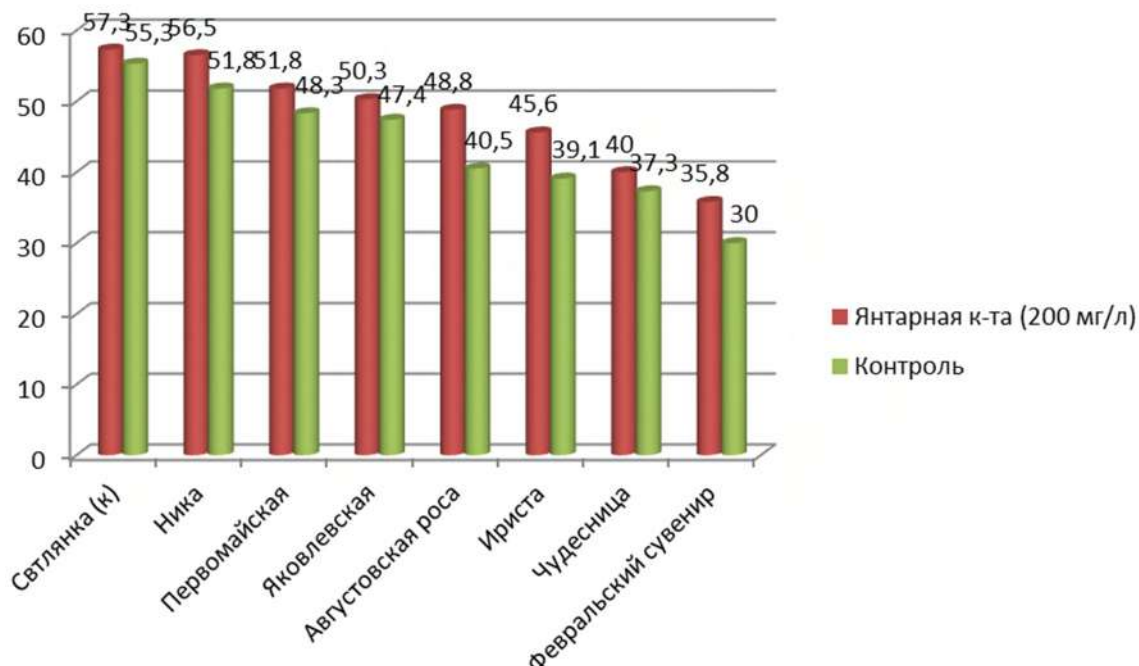


Рисунок 2 - Влияние стимулятора роста растений на выход укоренение сортов груши

Figure 2 - The effect of plant growth stimulator on the rooting yield of pear varieties

Стимуляторы корнеобразования оказали положительное влияние на укореняемость черенков сортов и форм груши.

Из таблицы видно, что наибольшей высотой приростов при использовании стимулятора роста растений янтарной кислоты (200 мг/л) наибольшими результатами длины приростов (от 10,0 до 13,0 см) характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Piro II и сорта Светлянка (к), Ника.

Таблица – Оценка качества укорененных черенков сортов и форм груши

Table – Evaluation of the quality of rooted cuttings of pear varieties and forms

Сорт, форма	Высота растений (см)	Диаметр условной корневой шейки (см)	Количество корней (шт.)	Длина корней (см)
Янтарная кислота (200 мг/л)				
Светлянка (к)	10,0	0,9	6,0	6,6
Ника	10,0	0,9	5,6	8,4
Первомайская	9,5	0,8	5,4	7,5
Яковлевская	9,7	0,8	5,0	7,4
Августовская роса	9,5	0,9	5,4	8,2
Ириста	8,4	0,9	5,0	8,1
Чудесница	8,7	0,8	5,3	8,0
Февральский сувенир	8,0	0,8	5,0	8,0
Кавказская	11,0	1,0	5,0	8,4
4-26	11,5	1,0	5,0	8,5
4-39	11,5	1,0	6,3	8,2
К – 1	12,0	1,0	5,5	8,2
К – 2	12,0	1,0	6,3	8,6
ОНФ 333	12,5	1,0	6,5	8,0
Piro II	13,0	1,0	7,0	8,4
НСР ₀₀₅	1,5	0,05	0,9	0,5
Контроль				
Светлянка (к)	9,4	0,5	5,0	5,4
Ника	9,7	0,5	5,0	7,1
Первомайская	9,1	0,5	5,0	6,1
Яковлевская	9,7	0,5	4,1	6,1
Августовская роса	9,2	0,7	4,5	6,3
Ириста	8,1	0,7	4,1	6,6
Чудесница	8,5	0,7	4,1	5,8
Февральский сувенир	7,7	0,7	4,1	7,0
Кавказская	10,1	0,7	4,0	7,3
4-26	10,3	0,8	4,0	7,3
4-39	10,6	0,7	5,2	7,3
К – 1	11,7	0,8	4,6	7,1
К – 2	11,7	0,7	5,4	7,5
ОНФ 333	11,1	0,8	5,0	7,1
Piro II	12,1	0,8	6,5	7,3
НСР ₀₀₅	1,5	0,01	0,5	0,1

Средними показателями данного признака (от 8,0 до 9,7 см) обладали сорта груши Первомайская, Яковлевская, Августовская роса. Ириста, Чудесница. Февральский сувенир.

Наибольшим диаметром условной корневой шейки (1,0 см) характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II. У сортов груши Светлянка (к), Ника, Первомайская, Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир данный признак варьировал от 0,8 до 0,9 см.

Лучшим результатом количества корней (от 6,0 до 7,0 шт.) обладали формы груши 4-39, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сорт Светлянка (к). У форм груши Кавказская, 4-26, К – 1 и у сортов Ника, Первомайская, Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир длина корней находилась в пределах 5,0 – 5,6 шт. (таблица).

Наибольшую длину корней (от 8,0 до 8,6 см) имели формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сорта Ника, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир. Меньшими результатами (от 6,6 до 7,5 см) характеризовались сорта груши Светлянка (к), Первомайская, Яковлевская.

Без использования стимуляторов роста растений наибольшей высотой растений (от 10,1 до 12,1 см) обладали формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II. У сортов груши Светлянка (к), Ника, Первомайская, Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир данный показатель составлял от 7,7 до 9,7 см.



Рисунок 3 – Форма груши 4-26 укорененная при помощи стимулятора роста растений янтарной кислоты

Figure 3 – Pear shape 4-26 rooted with succinic acid plant growth stimulator

Диаметр условной корневой шейки у форм груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріго II и сортов Светлянка (к), Ника, Первомайская, Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир находился в пределах 0,5 – 0,8 см (таблица).

Наибольшее количество корней (от 5,0 до 6,5 шт.) имели формы груши 4-39, К – 2, ОНФ 333, Piro II и сорта Светлянка (к), Ника, Первомайская. Средними результатами количества корней (от 4,0 до 4,6 шт.) обладали формы груши Кавказская, 4-26, К – 1 и сорта Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир.

Наибольшей длиной корней без использования регулятора роста растений характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Piro II и сорта Ника, Февральский сувенир данный показатель варьировал от 7,0 до 7,5 см. Меньшим результатом длины корней (от 5,4 до 6,6 см) обладали сорта груши Первомайская, Яковлевская, Августовская роса, Ириста, Чудесница (таблица).



Рисунок 4 – Форма груши 4-26 укорененная без использования стимулятора роста растений

Figure 4 – Pear shape 4-26 rooted without the use of a plant growth stimulator

Выводы. При обработке регулятором роста растений янтарной кислотой (200 мг/л) наибольший результат имели зеленые черенки груши К-1, К-2, ОНФ 333, Piro II данный показатель составлял 80,0 – 80,5 % соответственно.

Без использования регуляторов роста растений высокими показателями укоренения зеленых черенков груши (от 70,5 до 75,9 %) обладали формы К-1, К-2, ОНФ 333, Piro II.

Наибольшими результатами длины приростов (от 10,0 до 13,0 см) характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Piro II и сорта Светлянка (к), Ника.

Наибольшим диаметром условной корневой шейки (1,0 см) характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Piro II.

Лучшим результатом количества корней (от 6,0 до 7,0 шт.) обладали формы груши 4-39, К – 2, ОНФ 333, Piro II и сорт Светлянка (к).

Наибольшую длину корней (от 8,0 до 8,6 см) имели формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріро II и сорта Ника, Августовская роса, Ириста, Чудесница, Февральский сувенир.

Без использования стимуляторов роста растений наибольшей высотой растений (от 10,1 до 12,1 см) обладали формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріро II.

Наибольшее количество корней (от 5,0 до 6,5 шт.) имели формы груши 4-39, К – 2, ОНФ 333, Ріро II и сорта Светлянка (к), Ника, Первомайская.

Наибольшей длиной корней без использования регуляторов роста растений характеризовались формы груши Кавказская, 4-26, 4-39, К – 1, К – 2, ОНФ 333, Ріро II и сорта Ника, Февральский сувенир данный показатель варьировал от 7,0 до 7,5 см.

Библиографический список

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Москва, 2016. <http://www.agroxxi.ru/goshandbook>.
2. Кадырова Д. И., Лящева Л. В. Влияние регуляторов роста на морфологические признаки и урожайность сортов земляники садовой (*Fragaria x ananassa*) в условиях юга Тюменской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (51). С. 58-64.
3. Коваленко Н. Н. Выращивание посадочного материала садовых культур с использованием зеленого черенкования: методические рекомендации. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011. 54 с.
4. Кравченко Р. В., Радчевский Р. В., Прах А. В. Влияние регуляторов роста биодукс и авибиф на качество винограда и виноматериалов сорта Саперави // Научный журнал Куб ГАУ. 2015. № 89 (05). С. 900-915.
5. Оценка последствий применения биопрепаратов на морфометрические параметры саженцев яблони / А. А. Мушинский, С. Д. Фомин, О. Е. Мережко, Е. В. Аминова // Известия Нижневолжского агроуниверсального комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 124-133.
6. Петров В. Б., Чеботарь В. К. Перспективы повышения эффективности кормопроизводства с использованием микробиологических препаратов комплексного действия // Картофель и овощи. 2011. № 8. С. 18-21.
7. Effects of orchard grass on soil fertility and apple tree nutrition / Y. Lu, Y. Mao, Y. Hu, Y. Wang, L. Zhang, Y. Yin, X. Shen // Journal of Plant Nutrition and Fertilizers. 2020. No 26 (2). P. 325- 337.
8. How Plants core with water stress in the Field Photosynthesis and crown / M. M. Chaves, J. S. Pereira, J. Maroco, M. L. Rodrigues, C. P. Ricardo // Annals of Botany. 2002. No 89 (7). P. 907-916.
9. Ivanova E. A. Growing adapted planting material for laying gardens in the Orenburg region // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2015. № 55. P. 81-84.
10. Mursalimova G. R. Ecological and physiological aspects of the influence of humates on the growth and development of apple seedlings // Fruit and berry growing in Russia. 2016. № 46. P. 268-272.
11. P. du Jardin. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation // Scientia Horticulturae, 2015. 196. P. 3-14.
12. Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems / P. Kopytko, V. Karpenko, R. Yakovenko, I. Mostoviyak // Agronomy Research. 2017. No 15 (2). P. 444-455.

Информация об авторе

Зацепина Илона Валериевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина» Селекционно-генетический центр – Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина», (393770 Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Мичурина, 30) сот. +7(909)235-93-26; E-mail: ilona.valerevna@mail.ru

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON THE DEVELOPMENT OF GRAFTED GRAPE SEEDLINGS

N. G. Pavlyuchenko, N. I. Zimina, S. I. Melnikova, O. I. Kolesnikova

*«All-Russian Research Ya. I. Potapenko Institute for Viticulture and Winemaking» –
branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural
Research Center»*

Received 11.08.2022

Submitted 02.12.2022

*The research was carried out within the framework of the research topic 2017...2020.
"To develop effective technologies for the production of planting material, including using
biotechnological methods." Topic 0710-2019-0031.*

Abstract

Introduction. The strategy of modern nursery involves increasing the efficiency of production processes by improving the technology for the production of planting material, a significant place is given to preparations containing physiologically active substances (PAS). **An Object.** Influence of the «Radifarm» brand biostimulant on the qualitative and quantitative indicators of grafted grape seedlings. The subject of the study is the use of a biostimulator Radifarm of the in the technology for the production of grafted seedlings of grape we used graft-rootstock combinations: Atlant Dona / Kober 5 BB, Tsimlyanskiy chernyy / Kober 5 BB, Cabernet Sauvignon / Kober 5BB, Denisovsky / Kober 5BB, Den-isovsky / RR 101-14. **Materials and Methods.** The study was carried out in the Experimental Field in ARRIV&W - Branch of the FSBSI FRARC (Novocherkassk, Rostov re-gion) in 2017–2020 according to generally accepted methods in viticulture The soils belong to the northern region of the northern Azov low-calcareous chernozems. The seedlings were grown in an open way with soil mulching with a black film, planting pattern 0.2 x 0.15 m. The experiment included 10 variants in 3 replicates, 300 grafted plants. The soaking of the basal part of the grafted cuttings in a solution of the Radifarm preparation was carried out before planting in the nursery. The concentration of the solution is 0.5%, the exposure is 20 hours. Control variant of the experiment - water. **Results and Discussions.** Physiologically active substances contributed to the adaptation of grafts in the field, the development of the root system, which had a positive effect on the survival rate of grafts. Depending on the graft-rootstock combination, the survival rate of grafts was 56.1...80.2%, in the control variants 53.4...76.7%. Relative to the control variants, the average shoot length increased by 25.3...57.9%, the shoot diameter increased by 3.0...22.7%. In plants treated with a biostimulant, the average number of roots increased by 11.5...63.4% relative to the control options. The obtained results of the study indicate with a probability of at least 0.95 that pre-planting treatment of the basal parts of the graft with a solution of the Radifarm biostimulant has a positive effect on the yield and development of the root system of grafted grape seedlings, and are statistically significant.

Key words: *grapes, grafted seedlings, Radifarm, biometric parameters, seedlings yield, receiving seedlings.*

Citation. Pavlyuchenko N. G., Zimina N. I., Melnikova S. I., Kolesnikova O. I. Evaluation of the influence of biologically active substances on the development of grafted grape seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 105-113 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-13.

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 634.8.04

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
НА РАЗВИТИЕ ПРИВИТЫХ САЖЕНЦЕВ ВИНОГРАДА****Н. Г. Павлюченко**, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник**Н. И. Зимина**, старший научный сотрудник**С. И. Мельникова**, старший научный сотрудник**О. И. Колесникова**, старший научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия
имени Я. И. Потапенко – филиал Федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», г. Новочеркасск, Россия*

Дата поступления в редакцию 11.08.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2017...2020 гг.**«Разработать эффективные технологии производства посадочного материала,
в том числе с использованием биотехнологических методов». Тема № 0710-2019-0031.**

Актуальность. Стратегия современного питомниководства предполагает повышение эффективности производственных процессов путем совершенствования технологии производства посадочного материала, значительное место отводится препаратам, содержащим физиологически активные вещества (ФАВ). **Объект.** Влияние биостимулятора торговой марки Радифарм (RADIFARM) на качественные и количественные показатели привитых виноградных саженцев. **Предмет исследования** – использование биостимулятора Радифарм в технологии производства привитых саженцев винограда сортов: Атлант Дона / БхР Кобер 5ББ, Цимлянский черный / БхР Кобер 5 ББ, Каберне Совиньон / БхР Кобер 5ББ, Денисовский / БхР Кобер 5ББ, Денисовский / РР 101-14. **Материалы и методы.** Работу проводили во ВНИИВиВ – филиале ФГБНУ ФРАНЦ (г. Новочеркасск, Ростовская область) в 2017–2020 гг. согласно общепринятым в виноградарстве методикам. Почвы относятся к северному району северно-приазовских слабо карбонатных черноземов. Саженцы выращивали открытым способом с мульчированием почвы черной пленкой, схема посадки – 0,2 x 0,15 м. Опыт включал 10 вариантов в 3-х повторностях по 300 прививок. Замачивание базальной части привитых черенков в растворе препарата Радифарм проводили перед посадкой в школку. Концентрация раствора – 0,5 %, экспозиция – 20 часов. Контроль – вода. ФАВ способствовали адаптации прививок в поле, развитию корневой системы, что положительно сказалось на приживаемости прививок. В зависимости от привойно-подвойной комбинации приживаемость прививок составила 56,1...80,2 %, в контрольных вариантах – 53,4...76,7 %. Относительно контрольных вариантов средняя длина побега увеличилась на 25,3...57,9 %, диаметр побега – на 3,0...22,7 %. У растений, обработанных биостимулятором, среднее количество корней увеличилось на 11,5...63,4 % относительно контрольных вариантов. Полученные результаты исследования являются статистически значимыми и с вероятностью не ниже 0,95 указывают, что предпосадочная **обработка** базальных частей прививки раствором биостимулятора Радифарм оказывает положительное влияние на выход и развитие корневой системы привитых саженцев винограда.

Ключевые слова: виноград, привитые саженцы винограда, Радифарм, биометрические параметры, выход саженцев.

Цитирование. Павлюченко Н. Г., Зимина Н. И., Мельникова С. И., Колесникова О. И. Оценка влияния биологически активных веществ на развитие привитых саженцев винограда. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 105-113. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-13.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. С распространением на европейских виноградниках филлоксеры – вредителя, поражающего корневую систему и надземную часть куста, прививка является единственным эффективным способом размножения винограда. В настоящее время около 80 % виноградников в мире посажены привитыми саженцами [10]. Многочисленные исследования направлены на разработку ресурсосберегающих приемов и операций, позволяющих усовершенствовать процесс производства посадочного материала. Современные технологии выращивания саженцев включают активное использование физиологически активных веществ. На разных технологических этапах успешно применяются ауксины, гиббереллины, цитокинины, брассиностероиды, витамины, микроэлементы, органические кислоты и аминокислоты. Использование физиологически активных веществ в виноградном питомниководстве позволяет стимулировать регенерационную активность черенков, корнеобразование [1, 3, 6, 12], распускание почек и рост побегов [3, 4, 7, 8]. В процессе производства привитых саженцев экзогенным внесением физиологически активных веществ индуцируют образование каллусной ткани и корнеобразование [5, 11], стимулируют рост и развитие саженцев в школке [2, 13], мобилизуют иммунную систему растений [9].

Использование в технологии производства посадочного материала физиологически активных веществ позволяет активизировать потенциал растений, стимулировать рост и развитие корневой системы и надземной части растений, что способствует увеличению выхода высококачественных саженцев с единицы площади.

Цель исследований – оценить биологическую и хозяйственную эффективность предпосадочной обработки виноградных прививок биопрепаратом Радифарм.

Материалы и методы. Место проведения исследований: ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ (г. Новочеркасск, Ростовской области). Годы проведения исследований – 2017-2020.

Тип почвы – чернозем обыкновенный, карбонатный, среднесуглинистый, на лессовидных суглинках. Мощность гумусового горизонта (А-В) достигает 90 см. На опытном участке в горизонте АВ 15-20 см запасы доступных питательных веществ характеризуются следующими величинами: фосфор подвижный – 3,27 мг/кг, калий обменный – 591,6 мг/кг (ГОСТ 26205-91), нитраты – 40,72 мг/кг (ГОСТ 26489-85). Содержание гумуса – 5,2 % (ГОСТ 26213-91).

Климат континентальный. Сумма среднесуточных положительных температур от третьей декады апреля до заморозка 3300-3400 °С. Район относится к зоне недостаточного увлажнения, годовая сумма осадков – 530 мм. Климатические условия в годы проведения исследований были типичными для г. Новочеркаска. Мониторинг метеорологических условий осуществлялся метеостанцией, расположенной в зоне проведения эксперимента.

Объект исследования – влияние биостимулятора Радифарм на качественные и количественные показатели привитых виноградных саженцев.

Предмет исследования – использование биостимулятора торговой марки Радифарм (RADIFARM) в технологии производства привитых саженцев винограда сортов: Атлант Дона / БхР Кобер 5ББ, Цимлянский черный / БхР Кобер 5 ББ, Каберне Совиньон / БхР Кобер 5ББ, Денисовский / БхР Кобер 5ББ, Денисовский / РР 101-14.



Рисунок 1 – Виноградные саженцы в школке

Figure 1 – Grape seedlings in nursery

Для производства настольных прививок использовали прививочную машинку с омегаобразным ножом. Опыт полевой. Срок посадки прививок в школку – первая декада мая. Саженцы выращивали открытым способом с мульчированием почвы черной полиэтиленовой пленкой (80 мк), схема посадки прививок – 0,2 x 0,15 м (рисунок 1). Минеральные удобрения в виде азофоски вносили под культивацию перед посадкой в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Полив поверхностный. Обработку прививок осуществляли погружением базальной части привитых черенков в раствор препарата Радифарм перед посадкой в школку. Концентрация раствора – 0,5 %, экспозиция – 20 часов. В контрольном варианте прививки замачивали в воде. Схема полевого опыта включала 10 вариантов, повторность 3-х кратная по 300 прививок в повторности, размещение делянок систематическое.

В процессе исследования учтены следующие показатели: приживаемость прививок в школке, развитие надземной части и корневой системы саженцев, вызревание лозы в динамике, выход стандартных саженцев. Наблюдения и исследования проводились по общепринятым в виноградарстве методикам.

Оценка качества исходного материала для прививки винограда. Для прививки использовали вызревшие черенки привоя и подвоя, имеющие диаметр в верхней части от 7 до 12 мм. Влажность черенка – 52...53 %. Сохранность почек привойного сорта – 90...100 %.

Учет приживаемости прививок на участке проводили через 1-2 месяца после посадки. Для укоренившейся прививки характерно появление усика на побеге. На опытных делянках каждого варианта подсчитывали общее число высаженных прививок и прижившихся и рассчитывали процент приживаемости.

Определение выхода привитых виноградных саженцев рассчитывали отношением числа сделанных прививок по варианту к числу выкопанных стандартных саженцев (%).

Оценка качества саженцев. Развитие саженцев оценивали у 30 саженцев по каждому варианту опыта с учетом количества листьев (шт.), общей площади листовой поверхности (см²), длины побегов (см), диаметра побегов (мм). Определение зрелости однолетних побегов проводили по морфологическим признакам. После выкопки саженцев у 25 растений по каждому варианту учитывали общее количество корней, развившихся на пятке, с распределением по 3 фракциям: до 1 мм, 1-3 мм и более 3 мм.

Основные результаты подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа (Б. А. Доспехов, 1985).

Биологический стимулятор развития корневой системы торговой марки Радифарм – специальный комплекс, содержащий органические вещества – 30,0 %, полисахариды – 7,0 %, стероиды глюкозиды – 0,2 %, протеиновые полипептиды – 11,0 %, свободные аминокислоты – 1,0 %, витаминный комплекс – 0,04 %, хелатное железо – 0,20 %, хелатный цинк – 0,20 %.

Результаты и обсуждение. Приживаемость прививок определяется через 30-40 дней после посадки в школку. Проведенные учеты и наблюдения показали, что содержащиеся в Радифарме элементы способствовали быстрой адаптации прививок в поле и лучшему развитию корневой системы, что положительно сказалось на приживаемости прививок и их развитии. Из данных, представленных в таблице 1, видно, что приживаемость прививок, обработанных раствором биопрепарата, в зависимости от сорта привоя и подвоя варьировала в диапазоне 56,1...80,2 %, в контрольных вариантах – 53,4...76,7 %.

Таблица 1 – Влияние биопрепарата Радифарм на биометрические показатели привитых саженцев винограда

Table 1 The influence of the biological product Radifarm on the biometric parameters of grafted grape seedlings

Вариант	Длина побега, см	Вызревание лозы, %	Диаметр побега, мм	Площадь листовой поверхности, см ²	Площадь одного листа, см ²	Укоренение, %
Атлант Дона / БхР Кобер 5 ББ						
Контроль	77,9	44,2	4,4	1065,2	55,5	53,4
Радифарм	122,7	37,3	5,4	1938,7	65,1	61,8
Цимлянский черный / БхР Кобер 5 ББ						
Контроль		49,3	5,0	1071,5	88,4	56,5
Радифарм	115,6	45,4	5,4	984,1	87,5	71,1
Каберне Совиньон / БхР Кобер 5ББ						
Контроль	82,7	45,9	5,4	1066,2	41,7	76,7
Радифарм	110,4	40,8	5,6	1813,6	57,1	74,0
Денисовский / БхР Кобер 5ББ						
Контроль	126,6	41,9	5,0	2045,9	78,7	41,3
Радифарм	158,4	45,5	6,0	2739,0	88,3	56,1
Денисовский / РР 101-14						
Контроль	87,4	61,1	4,1	858,4	42,3	70,1
Радифарм	114,0	72,6	4,8	1603,2	55,5	80,2

Приживаемость прививок сорта Денисовский на подвое РР 101-14 в обоих вариантах значительно превысила показатели опыта Денисовский / БхР Кобер 5ББ. В результате обработки прививок биостимулятором количество прижившихся прививок увеличилось: Денисовский / БхР Кобер 5ББ – на 14,8 %, Денисовский / РР 101-14 – 10,1 % относительно контрольного варианта.

Показателем роста растений является длина побега. По темпам прироста определяют интенсивность ростовых процессов. Этот показатель является генетически обусловленным признаком любого сорта, но под влиянием технологий выращивания культуры он может несколько изменяться. Начало активного роста побегов привитых саженцев отмечено через 50...60 дней после посадки в школку (рисунок 2). У прививок, обработанных раствором Радифарма, процесс адаптации протекал в более сжатые сроки, и начало роста побегов отмечено раньше, чем у растений в контрольных вариантах.

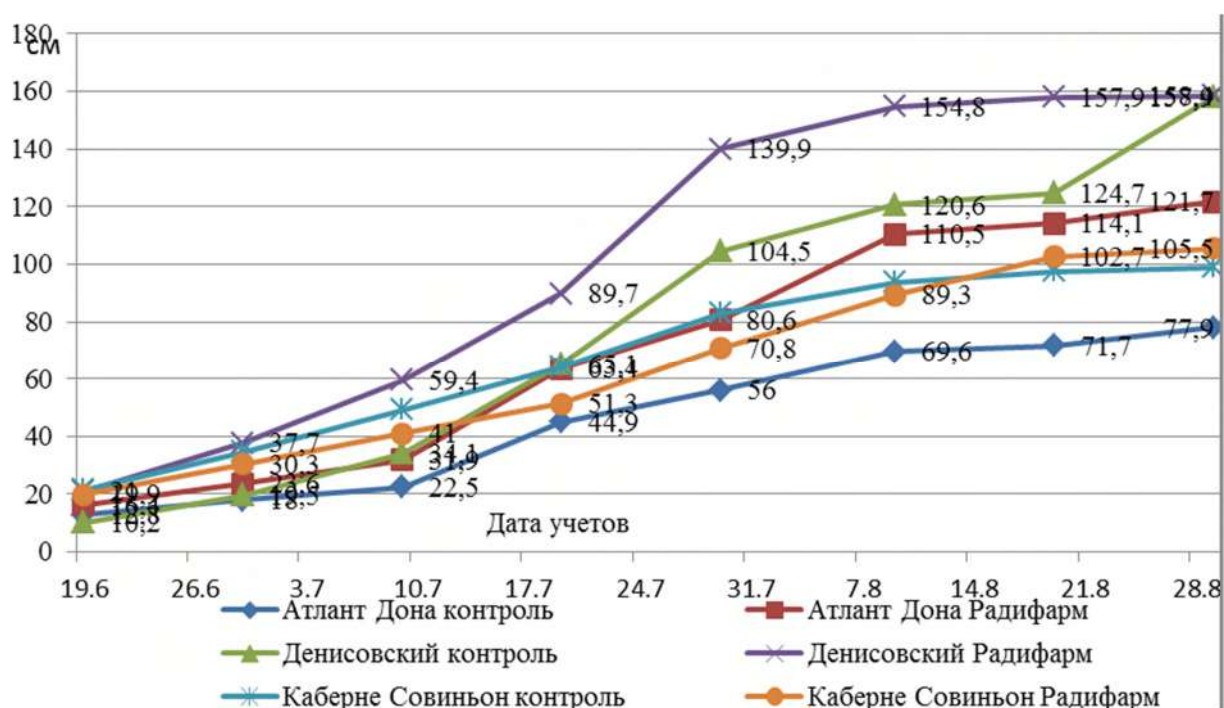


Рисунок 2 – Показатели роста побегов саженцев в динамике

Figure 2 – Growth rates of shoots of seedlings in dynamics

Анализ динамики развития побегов указывает на различную реакцию сортов на обработку биопрепаратом. Наибольший эффект отмечен в результате замачивания базальной части прививок сортов Денисовский и Атлант Дона. Не так явно влияние раствора отразилось на развитии побегов саженцев сорта Каберне Совиньон.

После завершения фазы активного роста отмечено изменение биометрических показателей саженцев, обусловленное влиянием физиологически активных веществ, содержащихся в растворе Радифарма. Относительно контрольных вариантов средняя длина побега увеличилась на 25,3...57,9 %, диаметр побега – на 3,0...22,7 % (таблица 1). Максимальные показатели, указывающие на положительную реакцию сорта на обработку препаратом, установлены в опыте с привойным сортом Атлант Дона. Длина побега относительно контрольного варианта увеличилась на 57,9 %, диаметр побега – на 22,7 %.

Сравнение показателей развития прививок сорта Денисовский на разных подвоях указывает на большую отзывчивость на обработку раствором Радифарма растений,

привитых на подвое РР 101-14. В результате замачивания прививок перед посадкой средняя длина побегов в комбинации Денисовский / РР 101-14 увеличилась на 30,0 %, средний диаметр побега – на 17 %, в комбинации Денисовский / БхР Кобер 5ББ в опытном варианте длина побега превысила контроль на 25,5 %, диаметр побега – на 20 %. Биометрические показатели прививок Денисовский / РР 101-14 в контрольном варианте значительно уступали варианту с обработкой раствором биопрепарата и параметрам прививок в вариантах с использованием подвоя БхР Кобер 5 ББ. Это указывает на сортовую специфичность влияния подвойного сорта на развитие привойного сорта и реакцию подвоя на обработку биопрепаратом.

Установлено влияние предпосадочной обработки прививок Радифармом на развитие листового аппарата большинства использованных сортов, за исключением сорта Цимлянский чёрный. Площадь листовой поверхности в контрольных вариантах варьировала в диапазоне от 858,4 см² (Денисовский / РР 101-14) до 2045,9 см² (Денисовский / БхР Кобер 5ББ), при использовании препарата от 984,1 см² (Цимлянский чёрный / БхР Кобер 5 ББ) до 2739,0 см² (Денисовский / БхР Кобер 5ББ). Повышение площади листовой поверхности происходило за счет удлинения побега и увеличения площади листьев.

Формирование корневой системы является важным этапом вегетативного размножения. Хорошо развитая корневая система обеспечивает более легкую и быструю адаптацию растений к условиям произрастания. Эффективность создания привитых виноградников во многом зависит от ризогенной активности черенков подвойных сортов и, несмотря на то, что данный показатель является генетически обусловленной биологической особенностью сорта, на нее можно воздействовать различными факторами и, в том числе, регуляторами роста. В наших исследованиях привитые саженцы, прошедшие предпосадочное замачивание в растворе Радифарма, отличались более развитой корневой системой. В зависимости от привойного сорта среднее количество пяточных корней на одно растение варьировало от 13,6 до 17,0 шт., в контрольных вариантах – 10,4...13,0 шт. (таблица 2). Относительно контрольных вариантов среднее количество корней на один саженец увеличилось от 11,5 % (Цимлянский чёрный / БхР Кобер 5ББ) до 63,4 % (Денисовский / РР 101-14). В результате обработки отмечено значительное увеличение корней диаметром менее 1 мм и более 3 мм.

Выход стандартных саженцев – это основной показатель, определяющий эффективность предлагаемого приема, направленного на совершенствование технологии производства посадочного материала. В зависимости от сорта привоя выход саженцев в опытных вариантах варьировал от 44,0 до 62,3 %, в контроле – 30-56,8 % (НСР₀₅ = 2.6) (таблица 2). Полученные результаты исследования являются статистически значимыми и позволяют признать с вероятностью не ниже 0,95, что предпосадочная обработка базальных частей прививки раствором биостимулятора Радифарм оказывает положительное влияние на развитие корневой системы и выход привитых саженцев винограда.

Таблица 2 – Влияние обработки раствором биопрепарата Радифарм на формирование корневой системы привитых виноградных саженцев

Table 2 – The effect of treatment with a solution of the biological product Radifarm on formation of the root system of grafted grape seedlings

Вариант	Выход саженцев, %	Среднее количество корней первого порядка, шт.	В том числе по фракциям, шт.		
			до 1 мм	1-3 мм	более 3 мм
1	2	3	4	5	6
Атлант Дона / БхР Кобер					
Контроль	33,3	11,7	6,0	4,7	1,0

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Радифарм	49,0	14,2	7,8	4,4	2,0
Цимлянский черный / БхР Кобер					
Контроль	45,7	12,2	6,8	4,4	1,0
Радифарм	55,4	13,6	5,8	6,2	1,6
Каберне Совиньон / БхР Кобер 5ББ					
Контроль	45,3	13,0	8,0	4,2	0,8
Радифарм	52,0	15,2	7,8	4,8	2,6
Денисовский / БхР Кобер 5ББ					
Контроль	30,0	11,6	6,2	5,4	-
Радифарм	44,0	13,6	4,0	6,6	3,0
Денисовский / РР 101-14					
Контроль	56,8	10,4	5,2	4,6	0,6
Радифарм	62,3	17,0	7,8	7,2	2,0
НСР ₀₅	3,5	2,6	-	-	-

Выводы. В результате проведенных исследований, направленных на определение влияния предпосадочной обработки виноградных прививок биопрепаратом Радифарм на рост и развитие привитых саженцев в полевых условиях, установлена эффективность препарата. Стимулирование ризогенеза на ранней стадии развития прививок способствует адаптации растений, влияет на приживаемость саженцев в школке, развитие надземной части и корневой системы и, в конечном итоге, увеличении выхода стандартных привитых виноградных саженцев. Полученные в процессе исследований экспериментальные данные позволяют рекомендовать использование биостимулятора Радифарм в технологическом процессе производства посадочного материала.

Библиографический список

1. Ерболова Л. С. Влияние регуляторов роста на укоренение черенков винограда // Наука и образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 281-289.
2. Использование физиологически активных веществ в производстве виноградных саженцев // Н. Г. Павлюченко, О. И. Колесникова, С. И. Мельникова [и др.] // Вестник КРАСГАУ. 2021. № 12 (177). С. 65-72.
3. Каменец Д. А., Буданова О. В., Терещенко К. А. Повышение регенерационной способности черенков винограда сорта Кишмиш лучистый под влиянием обработки их Фитолавином // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Краснодар, 2017. С. 527-528.
4. Особенности проявления регенерационной активности у черенков винограда сорта Виорика под влиянием обработки растворами Лизина различной концентрации // П. П. Радчевский, Е. А. Кайгородова, Н. Е. Косянок [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 70. С. 91-96.
5. Оценка влияния срока производства прививок, длительности аэрации и стимуляторов роста на выход и качество привитых черенков винограда // В. П. Клименко, М. Н. Борисенко, Ю. А. Белинский [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019. № 21 (1). С. 23-26.
6. Перелович В. Н. Влияние регуляторов роста на корнеобразование одревесневших черенков винограда // Эпоха науки. 2019. № 20. С. 56-60.
7. Применение аминокислоты лизин для активации регенерационной способности черенков винограда // А. П. Овчарова, П. П. Радчевский, Е. А. Кайгородова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 76. С. 135-141.

8. Радчевский П. П., Луценко Е. В. Аск-анализ регенерационной способности черенков винограда // Научные труды СКФНЦСВВ. 2019. Т. 24. С. 93-98.
9. Elicitors as alternative strategy to pesticides in grapevine? Current knowledge on their mode of action from controlled conditions to vineyard / B. Delaunoy, G. Farace, P. Jeandet [et al.] // Environ Sci Pollut Res. 2014.
10. Grapevine rootstocks: origins and perspectives / N. Ollat, L. Bordenave, J. P. Tandonnet, J. M. Boursiquot, E. Marguerit // Acta Hort. 2016. V. 1136. P. 11-22.
11. Köse C., Guleryuz M. Effects of auxins and cytokinins on graft union of grapevine (*Vitis vinifera*) // N. Z. J. Crop Hort. Sci. 2006. V. 34 (2). P. 145-150.
12. Shagiwal M., Jaganath S. Influence of growth regulator (IBA) on rooting of cuttings in grape rootstock // Mysore J. Agric. 2015. Sci. 49 (3). P. 463.
13. Uzunoğlu Ö., Gökbayrak Z. Influence of IAA, 28-homobrassinolide and 24-epibrassinolide on Adventitious Rooting in Grapevine // COMU Journal of Agriculture Faculty. 2018. V. 6 (1). P. 23-30.

Информация об авторах:

Павлюченко Наталья Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр». ORCID: 0000-0002-8185-693X. E-mail: npavlyuchenko@yandex.ru

Зимина Наталия Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр». ORCID: 0000-0001-5312-8292. E-mail: ZiminaN@yandex.ru

Мельникова Светлана Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр». ORCID: 0000-0001-8862-9329. E-mail: melnikova.s.1951@yandex.ru

Колесникова Ольга Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр». ORCID: 0000-0002-0595-0537. E-mail: Kolesnikova O@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-14

SPRINKLING RICE

K. A. Rodin, A. B. Nevezhina, E. S. Vorontsova

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture

Received 15.07.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. In the world practice of rice irrigation, a more widespread method is irrigation by the method of long flooding. This development is currently used to grow more than 160 million hectares of rice, which consumes about 50% of all irrigation water or 24-30% of fresh water worldwide. The quantitative norms of rice irrigation by this method range from 15,000 to 25,000 m³/ha and more, which greatly exceeds the aquatic biological need of rice agrocenosis. A large proportion of this amount is lost as a result for filtration, drainage and lateral runoff. The desire to reduce water costs for rice irrigation has determined the direction of our research related to the search for new ways to save fresh water. One of the ways to solve the conservation of fresh water is seen in the exploration and development of the technological process of rice irrigation by irriga-

tion as conventional crops. **An object.** Water and nutrient regimes of the soil on rice crops of the aerobic Volgograd variety. **Materials and methods.** The research was carried out on rice crops of the Volgogradsky variety as part of a two-factor field test at the experimental site of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture. Factor one: vegetative watering was carried out with soil moisture before watering at least 70% of the lowest moisture capacity in a layer of 0.6 m; maintain the water regime of the soil in the same layer at least 70-80-70% of the lowest moisture capacity according to the scheme: in the phenophase from sowing to tillering and from waxing to full maturity of grain at least 70% of the lowest moisture capacity, and from tillering to wax maturation - 80% of the lowest moisture capacity; the water regime in the soil layer (0.6 m) throughout the life cycle of rice was kept by watering at least 80% of the lowest moisture capacity. Factor two: fertilizer doses were calculated using the method of V.I. Filin (1994) to obtain planned yields of 4 tons/ha ($N_{88}P_{50}K_{60}$), 5 tons/ha ($N_{109}P_{62}K_{75}$) and 6 ($N_{131}P_{74}K_{90}$) tons/ha of grain. The option without fertilizers served as a control. Results and conclusions. The highest total water consumption was 6039 m³/ha in the variant where the soil moisture threshold before watering was maintained by 80% of the lowest moisture capacity. Due to the differentiated irrigation scheme, rice water consumption decreased to 5759 m³/ha. With a decrease in soil moisture before watering to 70% of the lowest moisture capacity, the total water consumption was further reduced to 4996 m³/ha. In the variant where the yield was formed at the level of 3.87 t/ha, and the water regime of the soil was not lower than 70% of the lowest moisture capacity ($h = 0.6$ m), the highest coefficient of biologically useful water use of 1290.9 m³/t was established. Maintaining a differentiated water regime of the soil according to the scheme of 70-80-70% of the lowest moisture capacity with a rice yield of 5.30 t/ha, allowed to reduce the coefficient of biologically useful water use of 1086.6 m³/t. Raising the level of the water regime of the soil to 80% of the lowest moisture capacity in a layer of 0.6 m, contributed to a decrease in the coefficient of biologically useful water use of 1046.6 m³/t. The largest unit costs of water supplied to the research field per unit of harvest were recorded, where the moisture content of the soil cover dropped to 70% of the lowest moisture capacity and amounted to 874.2 m³/t. Maintaining soil moisture before watering at least 80% of the lowest moisture capacity allowed minimizing the use of water by the plant for the formation of one ton of grain to 779.9 m³ of water.

Keywords: total water consumption, irrigation water costs, fertilizer doses, rice yield.

Citation. Rodin K. A., Nevezhina A. B., Vorontsova E. S. Sprinkling rice. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 113-120 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-14.

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

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

УДК 633.18:631.67.5

ПОЛИВ РИСА ДОЖДЕВАНИЕМ

К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук
А. Б. Невежина, кандидат сельскохозяйственных наук
Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук

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

Дата поступления в редакцию 15.07.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. В мировой практике полива риса более распространенным способом является полив методом долгого затопления. Эта разработка в текущее время используется для выращивания более 160 миллионов гектаров риса, которая употребляет около 50% всей поливной воды либо 24-30% пресной воды во всем мире. Количественные нормы орошения риса по этому методу, составляют от 15000 до 25000 м³/га и более, что очень сильно пре-

восходит водную биологическую потребность рисового агроценоза. Большая доля этого количества пропадает в итоге на фильтрацию, дренаж и боковой сток. Желание понизить издержки воды на полив риса обусловило направление наших изысканий, связанных с поиском новых способов сбережения пресной воды. Один из путей решения сбережения пресной воды видится в изыскании и отработке технологического процесса орошения риса методом орошения как обычных сельскохозяйственных культур. **Объект.** Водные и питательные режимы почвы на рисовых посевах аэробного сорта Волгоградский. **Материалы и методы.** Исследования проводились на рисовых посевах сорта Волгоградский в рамках двухфакторного полевого испытания на опытной площадке ФГБНУ ВНИИОЗ. Фактор первый: вегетативный полив осуществляли при влажности почвы перед поливом не ниже 70 % НВ в слое 0,6 м; поддерживать водный режим почвы в том же слое не менее 70-80-70 % НВ по схеме: в фенофазу от посева до кущения и от воскования до полной зрелости зерна не ниже 70 % НВ, а от кущения до воскового созревания - 80% НВ; водный режим в слое почвы (0,6 м) на протяжении всего цикла жизни риса удерживали поливами не ниже 80 % НВ. Фактор второй: дозы удобрений рассчитывали по методу В. И. Филина (1994) для получения плановой урожайности 4 ($N_{88}P_{50}K_{60}$), 5 ($N_{109}P_{62}K_{75}$) и 6 ($N_{131}P_{74}K_{90}$) т/га зерна. Вариант без удобрений служил контролем. **Результаты и выводы.** Наибольшее общее водопотребление составило 6039 м³/га в варианте, где порог влажности почвы перед поливом поддерживался 80 % НВ. За счёт дифференцированной схемы орошения водопотребление риса снизилось до 5759 м³/га. При снижении влажности почвы перед поливом до 70 % НВ общее водопотребление дополнительно сократилось до 4996 м³/га. В варианте, где урожайность формировалась на уровне 3,87 т/га, а водный режим почвы был не ниже 70 % НВ (h=0,6 м) установлен наибольший коэффициент биологически полезного использования воды 1290,9 м³/т. Поддержание дифференцированного водного режима почвы по схеме 70-80-70 % НВ при урожайности риса 5,30 т/га, позволило снизить коэффициент биологически полезного использования воды 1086,6 м³/т. Поднятие уровня водного режима почвы до 80 % НВ в слое 0,6 м, способствовало снижению коэффициента биологически полезного использования воды 1046,6 м³/т. Самые большие удельные затраты поданной на исследовательское поле воды на единицу урожая зафиксированы, где влажность почвенного покрова опускалась до 70 % НВ и составили 874,2 м³/т. Поддержание влажности почвы перед поливом не ниже 80% НВ позволило минимизировать использование воды растением на формирование одной тонны зерна до 779,9 м³ воды.

Ключевые слова: суммарное водопотребление риса, затраты оросительной воды, дозы удобрений, урожайность риса.

Цитирование. Родин К. А., Невежина А. Б., Воронцова Е. С. Полив риса дождеванием. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 113-120. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-14.

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. Рис характеризуется высокой биологической пластичностью и приспособляемостью, что позволяет выращивать его в мировом сельском хозяйстве при самых разнообразных климатических условиях и способах орошения, включая затопление, прерывистое орошение и суходольные условия [3].

В мировой практике полива риса все более распространенным способом является полив методом долгого затопления. Эта разработка в текущее время используется для выращивания более 160 миллионов гектаров риса, которая потребляет около 50 % всей поливной воды либо 24-30 % пресной воды во всем мире. Количественные нормы орошения риса по этому методу, составляют от 15 000 до 25 000 м³/га и более, что

очень сильно превосходит водную биологическую потребность рисового агроценоза. Большая доля этого количества пропадает в итоге на фильтрацию, дренаж и боковой сток [1, 2, 4-12].

Желание понизить издержки воды на полив риса обусловило направление наших изысканий, связанных с поиском новых способов сбережения пресной воды. Один из путей решения сбережения пресной воды видится в изыскании и отработке технологического процесса орошения риса методом орошения как обычных сельскохозяйственных культур [3].

Целью данных исследований было обоснование параметров оптимизации водного режима почвы при поливе дождеванием посевов риса, способствующих получению плановой урожайности на уровне 4, 5 и 6 т/га зерна, при сохранении плодородия почвы и водосбережение.

Материалы и методы. Эксперимент проводили на рисовых посевах сорта Волгоградский в двухфакторном полевом опыте на экспериментальной площадке ФГБНУ ВНИИОЗ. Фактор первый: вегетативный полив осуществляется при влажности почвы перед поливом не ниже 70 % НВ в слое 0,6 м; поддерживается водный режим почвы в том же слое не ниже 70-80-70 % НВ по схеме: в фенофазу от посева до кущения и от воскования до полной зрелости зерна - не ниже 70 % НВ, а от кущения до воскового созревания – 80 % НВ; водный режим в слое почвы (0,6 м) на протяжении всего цикла жизни риса удерживали поливами не ниже 80 % НВ. Фактор второй: дозы удобрений рассчитывали по методу В.И. Филина (1994) для получения плановой урожайности 4 т/га ($N_{88}P_{50}K_{60}$), 5 т/га ($N_{109}P_{62}K_{75}$) и 6 т/га ($N_{131}P_{74}K_{90}$) зерна. Вариант без удобрений служил контролем.

Посев проводили сеялкой СН-16 при прогреве почвы до 14 °С. Рис поливали дождеванием. Влагу в почвенных горизонтах отслеживали отторгиванным прибором АКВАТЕРР Т-350. Норма, которой производился посев, составила 5 млн всхожих семян на 1 га. Полевые опыты сопровождалось наблюдениями, записями и измерениями, выполненными в соответствии с требованиями общепринятой методики экспериментальных работ.

Результаты и обсуждение. Из данных рисунка 1 видно, что водопотребление периодически орошаемого риса увеличивалось с улучшением влагообеспеченности и составляло от 4996 до 6039 м³/га. Наибольшее общее водопотребление составило 6039 м³/га в варианте, где порог влажности почвы перед поливом поддерживался 80 % НВ. За счёт дифференцированной схемы орошения водопотребление риса снизилось до 5759 м³/га. При снижении влажности почвы перед поливом до 70 % НВ общее водопотребление дополнительно сократилось до 4996 м³/га.

Норма орошения в структуре общего потребления воды периодически поливаемого рисового поля, как и при продолжительном удержании слоя воды в чеках, является главным источником поступления влаги. Однако её доля в посевах риса снизилась до 67,7-74,5 % от общего расхода воды растениями (рисунок 2). Самая большая её доля, 74,5 %, сформировалась, где порог влажности почвы перед поливом поддерживался не ниже 80 % НВ.

Самый низкий объём поливной воды, 67,7 %, был сформирован при водном режиме почвы не ниже 70 % НВ. Поддержание дифференцированного по фенофазам риса водного режима, способствовало получению в общей структуре потребления оросительной воды на уровне 72,1 %.

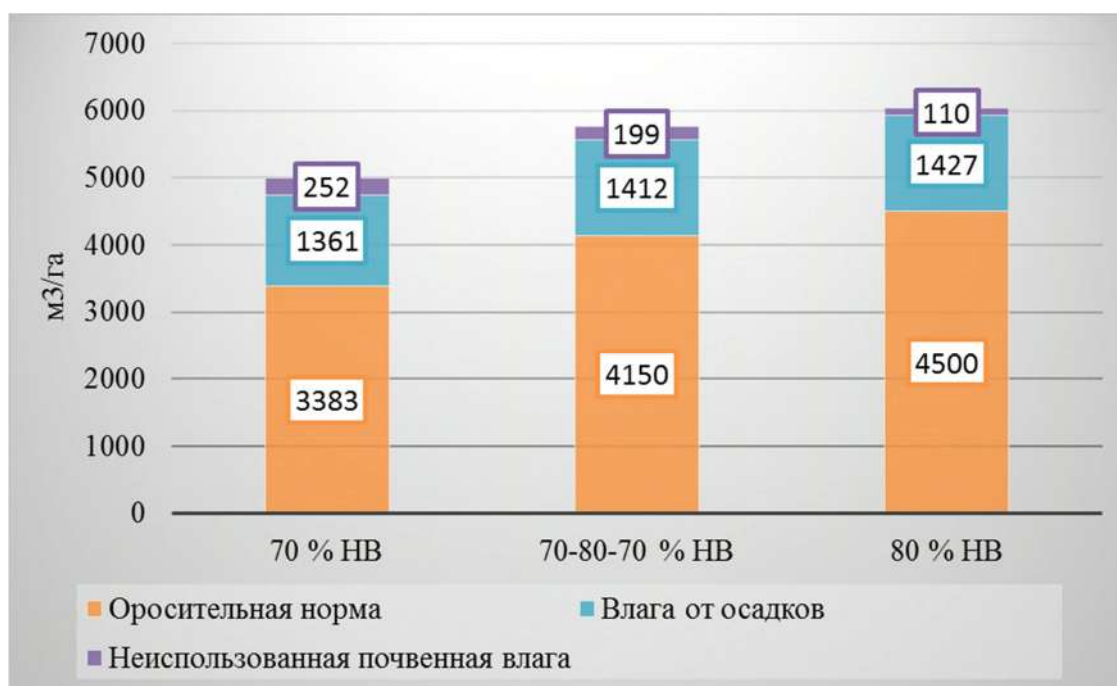


Рисунок 1 – Структура суммарного водопотребления риса при различных водных режимах почвы при дождевании, м³/га

Figure 1 – The structure of the total water consumption of rice under different water regimes of the soil during sprinkling, m³/ha

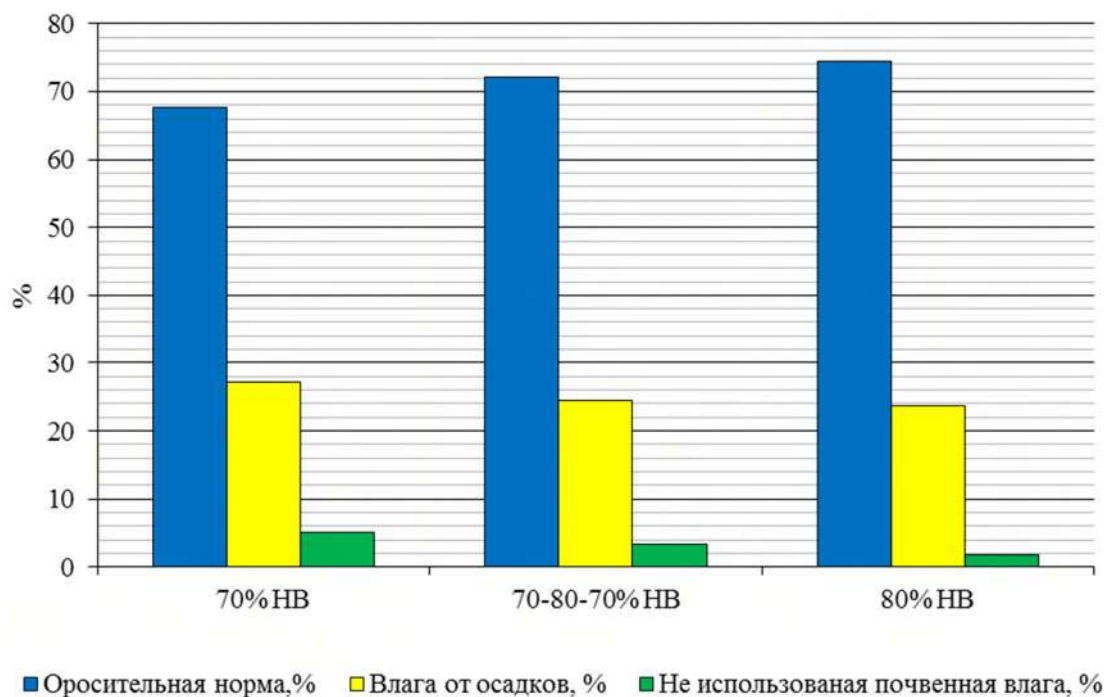


Рисунок 2 – Процентное отношение в структуре суммарного водопотребления риса при различных водных режимах почвы при дождевании, %

Figure 2 – Percentage ratio in the structure of the total water consumption of rice under different water regimes of the soil during sprinkling, %

Выпавшие за цикл жизни растений атмосферные осадки, также занимают значимую часть в структуре общего потребления воды. Чем жёстче водный режим, тем больше расход подаваемой на поле воды зависит от выпавшей суммы атмосферных осадков за цикл жизни растений. Так, при более жестком водном режиме почвы не ниже 70 % НВ, сумма выпавших осадков составила 27,2 %, а уже на более интенсивном (80 % НВ) – 23,6 %.

Количество неиспользованной влаги из почвы в общей структуре потребления воды рисом, поливаемым периодически, зависит от взятого водного режима и имеет обратные числовые значения в отношении к норме орошения. Самое большое значение неиспользованной влаги из почвы было при водном режиме почвы не ниже 70 % НВ и равнялась 5,0 %. Увеличение влажности почвы до 80 % НВ способствовало снижению неиспользованной влаги из почвы растениями до 1,8 % (рисунок 2).

Данные свидетельствуют о том, что при внесении дозы минеральных удобрений, рассчитанной на получение 5 т/га, при повышении предполивного порога влажности почвы растения риса сорта Волгоградский более качественно использовали поданную на поле оросительную воду для формирования единицы урожая (рисунок 3).

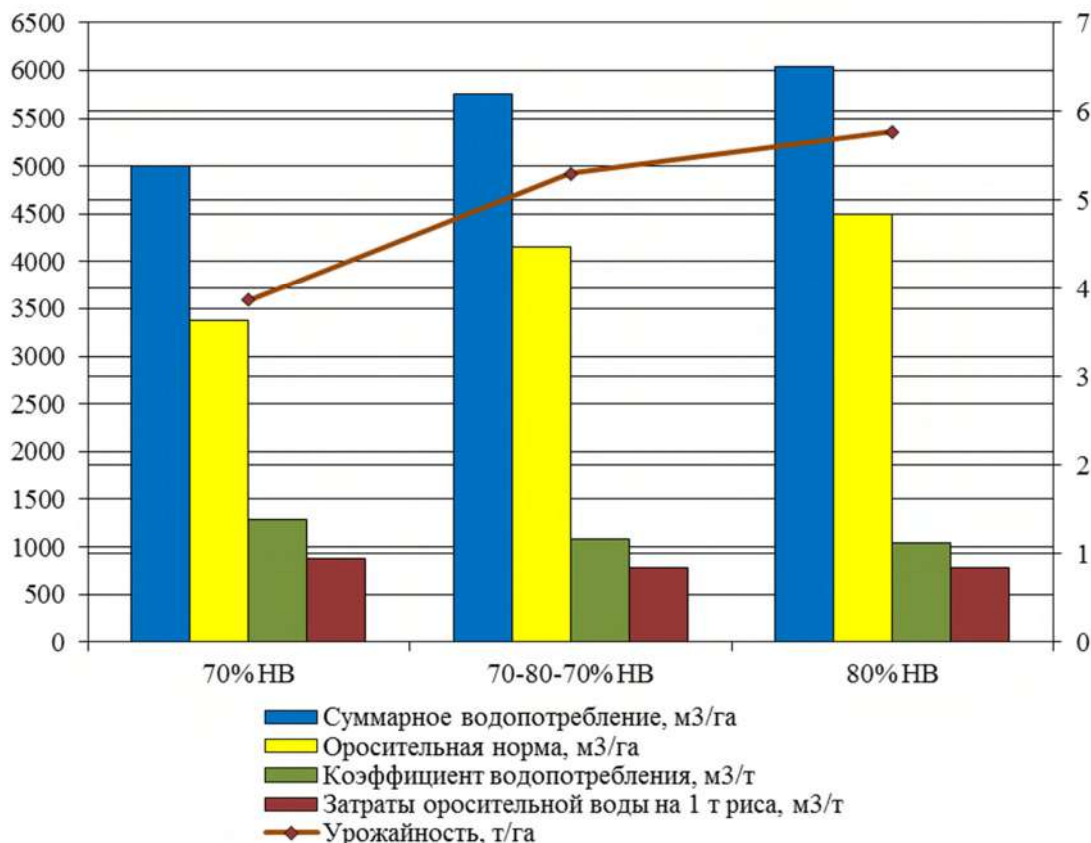


Рисунок 3 – Коэффициенты водопотребления и затраты оросительной воды при разных водных режимах почвы

Figure 3 – Coefficients of water consumption and irrigation water costs under different water regimes of the soil

В варианте получения урожайности 3,87 т/га при влажности почвы не ниже 70 % НВ установлен наибольший коэффициент водопотребления, равный 1290,9 м³/т. При поддержании дифференцированного водного режима почвы по схеме 70-

80-70 % НВ при урожайности риса 5,30 т/га удельный расход воды составил 1086,6 м³/т. При увеличении влажности деятельного слоя почвы до 80 % НВ установлен наименьший коэффициент водопотребления 1046,6 м³/т.

Основным показателем, определяющим эффективность режима орошения любой сельскохозяйственной культуры, являются затраты поливной воды на формирование производственной товарной единицы. Численные значения затрат оросительной воды зависят от тех же факторов, что и значения коэффициента водопотребления.

Полученные нами экспериментальные результаты показывают (рисунок 3), что затраты поливной воды в посевах Волгоградского сорта при дождевом поливе варьировали в зависимости от режима орошения и годовой влагообеспеченности. Максимальные затраты поливной воды на получение одной тонны продукции зафиксированы в варианте с поддержанием влажности почвы не ниже 70 % НВ и составили 874,2 м³/т. При увеличении влажности расчетного слоя почвы до 70-80-70 % НВ наблюдалось снижение количества поливной воды на тонну зерна, которое составило 783,0 м³/т.

В варианте поддержания влажности почвы перед поливом на уровне не менее 80 % НВ отводилось минимальное количество воды для полива на производство одной тонны продукции. Здесь для получения одной тонны рисового зерна на поле нужно было подать 779,9 м³ воды (рисунок 3).

Выводы. Наибольшее общее водопотребление составило 6039 м³/га в варианте, где порог влажности почвы перед поливом поддерживался 80 % НВ. За счёт дифференцированной схемы орошения водопотребление риса снизилось до 5759 м³/га. При снижении влажности почвы перед поливом до 70 % НВ общее водопотребление дополнительно сократилось до 4996 м³/га.

В варианте, где урожайность формировалась на уровне 3,87 т/га, а водный режим почвы был не ниже 70 % НВ (h=0,6 м), установлен наибольший коэффициент биологически полезного использования воды – 1290,9 м³/т. Поддержание дифференцированного водного режима почвы по схеме 70-80-70 % НВ при урожайности риса 5,30 т/га, позволило снизить коэффициент биологически полезного использования воды – 1086,6 м³/т. Поднятие уровня водного режима почвы до 80 % НВ в слое 0,6 м способствовало снижению коэффициент биологически полезного использования воды - 1046,6 м³/т.

Самые большие удельные затраты поданной на исследовательское поле воды на единицу урожая зафиксированы в варианте, при котором влажность почвенного покрова опускалась до 70 % НВ, и составили 874,2 м³/т. Поддержание влажности почвы перед поливом не ниже 80 % НВ позволило минимизировать использование воды растением на формирование одной тонны зерна до 779,9 м³ воды.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Шабанов Р. М. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 20-29.
2. Влияние способов обработки почвы на засорённость и продуктивность озимой пшеницы / С. И. Воронов, В. В. Бородычев, Ю. Н. Плескачев, М. П. Басакин, К. В. Шиянов // Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 3-7.

3. Кружилин И. П., Новиков А. Е., Дубенок Н. Н. Обоснование водного режима почвы и регламента поливов аэробного риса // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 62-66.

4. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами / И. П. Кружилин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 49-55.

5. Плескачев Ю. Н., Роменская О. Н. Влияние микробиологических удобрений азотом и фосфором на продуктивность картофеля в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 24-26.

6. Плескачев Ю. Н., Лукьяненко Е. А. Повышение продуктивности овощных культур за счет правильного применения листовых подкормок // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5 (371). С. 22-26.

7. Приходько И. А., Сергеев А. Э. Разработка технологии возделывания риса на капельном орошении // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 4.

8. Родин К. А., Невежина А. Б., Нарушев В. Б. Влияние водного и пищевого режимов почвы на изменение корневой массы и урожайности риса при капельном орошении // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 38-41.

9. Хожанов Н. Н., Ескермесов Ж. Е., Хожанова Г. Н. Совершенствование технологии выращивания риса в Казахстане // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2 (78). С. 70-75.

10. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. V. 12 (24). P. 7118-7123.

11. Solodunov A. A., Pshidatok S. K., Bandurin M. A. Monitoring of flooding of rice irrigation systems via laser scanning and digital imaging // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012101.

12. Vladimirov S. A., Prikhodko I. A., Verbitsky A. Y. Justification of rice watering methods and crop cultures // Journal of Agriculture and Environment. 2019. № 1 (9). P. 15.

Информация об авторах:

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Невежина Айнагуль Беркбаевна, научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), e-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-15

PHYTOSANITARY MONITORING OF SOYBEAN IN THE FAR EAST

G. M. Saenko

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Russian Federation

Received 10.07 2022

Submitted 24.09.2022

Abstract

Introduction. The article presents the results of soybean sowings survey for diseases in the Amur region and Primorsky territory. There are given the data on the prevalence and degree of disease development on the crop in the Far East for two years (2019-2020). In all areas, there were diseases of the leaf apparatus of the crop, as well as of the stems and roots. During the inspections,

an increase in the quantitative ratio of pathogens and their species diversity was noted, which is characteristic of the region cultivating soybean for more years than in other regions of Russia. **Subject.** Domestic and foreign varieties of soybean after different predecessors. Various diseases of soybean were taken into account. **Materials and methods.** Sowings were monitored in 2019-2020 in areas of the Amur region (Blagoveschensky, Ivanovsky, Belogorsky, Konstantinovsky and Tambovsky) and Primorsky Territory (Khorolsky, Oktyabrsky, Mikhailovsky and Khan-kaisky). The diseases were studied on varieties of Russian and foreign breeding at the stages of flowering and the beginning of bean formation. Disease prevalence was calculated according to generally accepted methods by route survey of the sowings. **Results and conclusions.** The survey of the soybean sowings allows to identify the most widespread pathogens and conduct fungicide treatments (preventive and by presence in the sowing) based on the information on the diseases collected during the monitoring of the main areas of soybean cultivation. This will reduce the infectious load on the crop, as in the Far East it is sown more often in a continuous crop rotation (soybean after soybean).

Key words: *soybean, prevalence and development of diseases, monitoring of soybean diseases, protection of soybean crops.*

Citation. Saenko G. M. Phytosanitary monitoring of soybean in the Far East. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 120-133 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-15.

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 submitted final version.

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

УДК 632.3:632.4:632.7

ФИТОСАНИТАРНЫЙ МОНИТОРИНГ СОИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Г. М. Саенко, кандидат биологических наук

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт
масличных культур имени В. С. Пустовойта», г. Краснодар, Россия

Дата поступления в редакцию 10.07.2022

Дата принятия к печати 24.09.2022

Актуальность. Отражены результаты обследования посевов сои на болезни в условиях Амурской области и Приморского края. Приведены данные о распространённости и степени развития болезней на культуре на Дальнем Востоке за два года (2019-2020 гг.). Во всех регионах было отмечено наличие болезней листового аппарата культуры, также стеблей и корней. При объездах было отмечено нарастание в количественном соотношении патогенов, их видовое разнообразие, которое характерно для региона, возделывающего сою большее количество лет, чем в других регионах России. **Объект.** Различные сорта сои отечественной и иностранной селекции после разных предшественников. Учитывали различные болезни сои. **Материалы и методы.** Мониторинг посевов проводили в 2019-2020 гг. в Амурской области (Благовещенский, Ивановский, Белогорский, Константиновский и Тамбовский районы) и Приморского края (Хорольский, Октябрьский, Михайловский и Ханкайский районы). Учёты болезней проводили на сортах российской и зарубежной селекции в фазы цветения и начала бобообразования. Распространённость болезней определяли согласно общепринятым методикам при маршрутном обследовании посевов. **Результаты и выводы.** Обследование посевов сои позволяет определить наиболее распространённые патогены, а также проводить обработки фунгицидными препаратами (превентивную и по наличию в посеве), основываясь на собранной информации по болезням при мониторинге основных соеосеющих районов. Это позволит снизить инфекционную нагрузку на культуру, так как на Дальнем Востоке она высевается чаще при бессменном севообороте (соя по сое).

Ключевые слова: *соя, распространённость болезней сои, мониторинг болезней сои, защита посевов сои.*

Цитирование. Саенко Г. М. Фитосанитарный мониторинг сои на Дальнем Востоке. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 120-133. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-15.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дальний Восток обеспечивает около 52 % валового сбора соевых бобов. Основные регионы возделывания сои на Дальнем Востоке – Амурская область, Приморский край и Еврейская автономная область. Соя на протяжении многих лет остаётся приоритетной культурой этого региона. Главной зоной соеосеяния является южная зона, что составляет 63 %. Увеличение посевной площади под сою наблюдалось в последние годы во всех федеральных округах. Наиболее заметный рост зафиксирован в Центре. В 2019 году посевная площадь там впервые составила более 1 млн га, превысив уровень 2015 года в 2,1 раза. Важно отметить, что рост посевных площадей в Центральном федеральном округе сопровождался повышением средней урожайности. В 2018 году урожайность сои в ЦФО была самой высокой в России, а в 2019-м она уступила урожайности в Северо-Западном федеральном округе, однако там посевная площадь составила всего 1,1 тыс. га. В результате валовые сборы сои в ЦФО в эти годы превысили валовые сборы в Дальневосточном федеральном округе – традиционном ареале выращивания сои в России (таблицы 1, 2) [7, 10].

Таблица 1 – Посевные площади сои в России, тыс. га /

Table 1 – Soybean sown areas in Russia, thousand ha

Федеральный округ/ Federal District	2015 г./ 2015	2016 г./ 2016	2017 г./ 2017	2018 г./ 2018	2019 г./ 2019	2020 г./ 2020
Центральный / Central	530,7	612,8	776,3	909,9	1 117,4	1084,51
Северо-Западный / Northwestern	0,0	0,1	1,3	2,4	1,1	1,5
Южный / Southern	198,2	182,2	200,6	240,6	232,9	191,9
Северо-Кавказский / North Caucasian	34,6	30,1	31,9	37,3	38,3	23,6
Приволжский / Volga	79,4	91,4	113,4	103,3	126,5	143,2
Уральский / Ural	3,1	2,2	4,9	5,5	3,2	3,3
Сибирский / Siberian	33,9	42,8	85,0	151,1	199,2	167,1
Дальневосточный / Far Eastern	1 250,9	1 275,7	1 422,5	1 499,1	1 360,0	1243,3

На топ-10 регионов – производителей сои в России – в 2019 году пришлось 86,7 % всего урожая сои в стране и 83,5 % посевной площади. Основные регионы возделывания сои находятся в Дальневосточном федеральном округе, Центрально-Черноземном районе и Краснодаром крае. В 2019 году урожай сои вырос во всех регионах из топ-10, кроме Амурской области, где из-за неблагоприятных погодных условий в период сева и вегетации снизилась как посевная, так и убранная площадь сои. В результате валовой сбор в Амурской области снизился до 870 тыс. т (119 тыс. т к уровню 2018 года). Тем не менее, Амурская область сохранила лидерство по этому показателю среди регионов России, обеспечив 19,8 % общероссийского валового сбора [2, 13].

Таблица 2 – Урожайность сои в России, ц/га

Table 2 – Soybean yield in Russia, c/ha

Федеральный округ/ Federal District	2015 г./ 2015	2016 г./ 2016	2017 г./ 2017	2018 г./ 2018	2019 г./ 2019	2020 г./ 2020
Центральный ФО / Central	15,9	20,1	14,8	18,8	19,2	18,8
Северо-Западный ФО / Northwestern	—	25,0	18,8	14,0	31,3	28,3
Южный ФО / Southern	14,7	19,8	18,7	13,9	17,9	18,4
Северо-Кавказский / North Caucasian	12,3	17,5	15,0	15,1	15,0	15,4
Приволжский ФО / Volga	13,2	13,4	12,3	13,1	15,2	15,9
Уральский ФО / Ural	5,6	12,6	11,3	9,8	10,6	12,0
Сибирский ФО / Siberian	9,4	15,1	13,7	10,6	11,2	13,0
Дальневосточный / Far Eastern	11,6	11,3	13,1	12,6	12,6	13,1

Урожайность в течение многих лет на Дальнем Востоке оставалась низкой и только в последнее десятилетие поднялась до 12-13 ц/га. В ряде случаев соя высевалась как монокультура, не решены до конца вопросы с сорняками, также перенасыщение севооборотов соей серьезно осложняет фитосанитарное состояние по сорнякам и по развитию и распространённости болезней [2, 5, 9, 13].

Проведёнными ранее зарубежными и отечественными исследованиями выявлено более 50 болезней сои, вызываемых грибами, бактериями и вирусами, более 30 болезней вызывают грибные патогены. Все болезни, вызываемые патогенной микрофлорой, могут в разной степени отрицательно повлиять на состояние посевов сои: вызвать изреженность посева, снизить продуктивность растения, а также ухудшить качество семенного материала. По данным наших и отечественных исследователей потери урожая от болезней могут достигать свыше 10 % [3, 6].

Основные болезни, которые имеют наибольшее распространение в условиях Дальнего Востока: пероноспороз (лмр), возбудитель – *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd.; серая округлая пятнистость (церкоспороз), возбудитель – *Cercospora sojae* Nara (C. Daizu Miura); септориоз, возбудитель – *Septoria glycines* T. Hemmi; пурпурный церкоспороз, возбудитель – *Cercospora kikuchii* (Matsuet Tomoyasu) Yarden; аскохитоз, возбудитель – *Ascochyta sojaecola* Abramo; филлостиктоз, возбудитель – *Phyllosticta sojaecola* Mass; белая гниль, возбудитель – *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary); ризоктониозная пятнистость, возбудитель – *Rhizoctonia solani* Kuhn; бактериальный ожог, возбудители – *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* Coerper; *Pseudomonas savastanoi* pv. *Glycinea*; бактериальное увядание, возбудитель – бактерия *Pseudomonas solanacearum* Smith; бактериальная пустульная пятнистость *Xanthomonas axonopodis* pv. *Glycines*. Все из перечисленных болезней обладают большой вредоносностью для растений сои. Они поражают всходы, стебли, корни, листья, бобы и семена, снижают урожайность, ухудшают качество семян [11, 12, 14, 15-17].

Большая часть сои выращивается сельскохозяйственными организациями Амурской области – 64 %, меньшая – 36 % крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями. Значительная часть хозяйств возделывает сою в

течение 2-4 лет подряд, не меняя севооборот. В связи с этим фитосанитарная обстановка как в Амурской области, так и в Приморском крае остаётся крайне тяжёлой для выращивания здоровых растений и семенного материала.

В 2019-2020 гг. были проведены маршрутные обследования посевов сои в Амурской области и Приморском крае.

Материалы и методы. Для учёта распространённости болезней на сое проводили маршрутные обследования её посевов диагональным методом: на площади до 10 га брали 10 проб, на площади 11-25 га – 20 проб, 26-50 га – 30 проб, 51-100 га – 50 проб. В каждой пробе учитывали 10 растений [1, 8].

Распространённость (количество больных растений, выраженное в процентах) вычисляли по следующей формуле [4]:

$$P = \frac{n}{N} \times 100\%, \quad (1)$$

где P – распространённость болезни, %; N – общее количество растений в пробах; n – количество больных растений.

Степень развития болезней вычисляли по формуле 2 [4]:

$$R = \frac{\sum (a \times b)}{\sum n \times k} \times 100\%, \quad (2)$$

где R – степень развития болезни, %; $\sum (a \times b)$ – сумма произведений числа поражённых растений на соответствующий им балл поражения; $\sum n$ – общее количество учётных растений (здоровых и больных) в варианте; k – высший балл поражения.

Учёт пятнистостей (пероноспороза, церкоспороза (пурпурного и обычного), бактериальный ожог) на листьях. В каждой пробе просматривали 100 листовых пластинок растений. Вычисляли процент поражённых листьев и степень поражения. Степень развития определяли по шкале (в баллах):

- 0 – признаков поражения нет;
- 1 – пятна занимают до 5 % площади листовой пластинки;
- 2 – пятна занимают до 25 % площади листовой пластинки;
- 3 – пятна занимают до 50 % площади листовой пластинки;
- 4 – пятна занимают до 75 % площади листовой пластинки;
- 5 – пятна занимают более 75 % площади листовой пластинки.

Учёт фузариозного увядания на растениях проводили диагональным методом.

Степень поражения определяют по шкале (в баллах):

- 0 – признаков поражения нет;
- 1 – растение слабо угнетено, нижние листья слегка пожелтели;
- 2 – заметно угнетение и отставание в росте растения, нижние листья пожелтели и засохли;
- 3 – растение сильно угнетено, листья нижнего и среднего яруса пожелтели и увяли;
- 4 – очень сильное угнетение растения, увядание растения и его гибель [8].

Микроскопические исследования проводили на световом бинокулярном микроскопе Motic BA310 с окуляром $\times 10$ и объективами $\times 4$, $\times 40$, обеспечивающими увеличение $\times 40$ и $\times 400$ соответственно.

Результаты и обсуждение. Защитные мероприятия строятся на мониторинге вредных организмов, который позволяет аккумулировать информацию о вредных объектах и предлагает в дальнейшем наиболее рациональные подходы к профилактическим и защитным мероприятиям.

В 2019 и 2020 гг. был проведен мониторинг в Амурской области с целью выявления и обновления данных о наиболее распространённых болезнях сои.

В 2019 г. были обследованы районы: Благовещенский, Ивановский, Белогорский, Константиновский и Тамбовский (около 3072 га); в 2020 г. – Ивановский, Благовещенский и Белогорский районы (таблица 3).

Таблица 3 – Обследование Амурской области в 2019 г.

Table 3 – Survey of the Amur region in 2019

Район / Area	Развитие болезни, R (%) / Disease development, R (%)						
	септориоз / Septoria blight	бактериоз / bacterial blight	округлая серая пятнистость / frog-eye leaf spot	пероноспороз (лмр) / downy mildew	пурпурный церкоспороз / purple cercospora blight	фузариозное увядание / fusarium blight	белая гниль / white rot
Благовещенский / Blagoveschensky	до 25/ up to 25	11-50	1-50	0	0	0	0
Ивановский / Ivanovsky	до 50/ up to 50	до 25	1-50	25	0	0	0
Белогорский / Belogorsky	25	25	25	0	0	0	0
Тамбовский / Tambovsky	до 25/ up to 25	25-100	1-25	0	0	0	75-100
Константиновский / Konstantinovsky	25	50	50	0	0	0-10	0



Рисунок 1 – Септориоз в нижнем ярусе растений сои (ориг.)

Figure 1 – Septoria blight in the lower tier of soybean plants (original)

Распространённость болезней в 2019 г. носит повсеместный характер. В Благовещенском районе распространение болезней было до 100 %: септориоз, бактериоз и церкоспороз; Ивановском районе церкоспороз – 80 %, пероноспороз – 20 %; Белогорский район: церкоспороз и бактериоз – 100 %; Тамбовский район: бактериальная пятнистость листьев – 100 %, обычный церкоспороз – 40 %, септориоз – 20 %; Константиновский район: церкоспороз – 100 %, бактериальная пятнистость листьев и септориоз – 66 %, склеротиниоз + фузариозное увядание – 30 % (рисунки 1, 2).



Рисунок 2 – Бактериоз на листьях сои (ориг.)

Figure 2 – Bacterial blight on soybean leaves (original)

В 2020 г. разнообразие видового состава увеличилось (таблица 4). Были выявлены аскохитоз, пурпурный церкоспороз, филлостиктоз и ризоктониозная пятнистость. Распространение болезней по районам было на уровне прошлого года. В Благовещенском районе: бактериозная пятнистость – 60 %, филлостиктоз – 10 %, пурпурный церкоспороз – 40 %; Ивановском районе: бактериозная пятнистость – от 20 до 100 %, аскохитоз – 5-10 %, обычный церкоспороз – 50 %, ризоктониозная пятнистость – 5 %, пурпурный церкоспороз – 20 %; Белогорском районе: пурпурный

церкоспороз – 10 %, аскохитоз – 10 %, ризоктониозная пятнистость – 5 %, обычный церкоспороз – единичные пятна. В 2020 году повсеместно 100 %-е распространение было у септориоза (рисунки 3-7).

Также в 2020 г. фитосанитарный мониторинг был проведён в Приморском крае в четырёх районах: Хорольский, Октябрьский, Михайловский и Ханакайский (таблица 5).

Большое развитие имели такие болезни, как бактериозная пятнистость – до 100 %, аскохитоз – 15 %, ризоктониозная пятнистость – до 15 %, пурпурный церкоспороз – 50 %. Септориоз имел небольшое развитие, так как вовремя был приглушен фунгицидными обработками – до 20 %. В Октябрьском районе идентифицировали пероноспороз (лмр) с развитием до 10 % и корневые гнили до 75 % (рисунки 8, 9).

Таблица 4 – Обследование Амурской области в 2020 г.

Table 4 – Survey of the Amur Region in 2020

Район / Area	Развитие болезни, R (%) / Disease development								
	септориоз / Septoria blight	филлостиктоз / phyllosticta leaf spot	бактериоз / bacterial blight	ризоктониозная пятнистость / rhizoctonia seedling blight	округлая серая пятнистость / frogeye leaf spot	пероноспороз (лмр) / downy mildew	пурпурный церкоспороз / purple cercospora blight	фузариозное увядание / fusarium blight	аскохитоз / ascochyta blight
Благовещенский / Blagoveschensky	25-50	15	50	0	0	0	25-75	0	0
Ивановский / Ivanovsky	50	0	50	15	0	25	50	25	0
Белогорский / Belogorsky	25	0	50	10-20	25	0	0	0	10



Рисунок 3 – Филлостиктоз на листьях сои (ориг.)

Figure 3 – Phyllosticta leaf spot on soybean leaves (original)



Рисунок 4 – Ризоктониозная пятнистость на нижних листьях растения сои (ориг.)

Figure 4 – Rhizoctonia seedling blight on the lower leaves of a soybean plant (original)

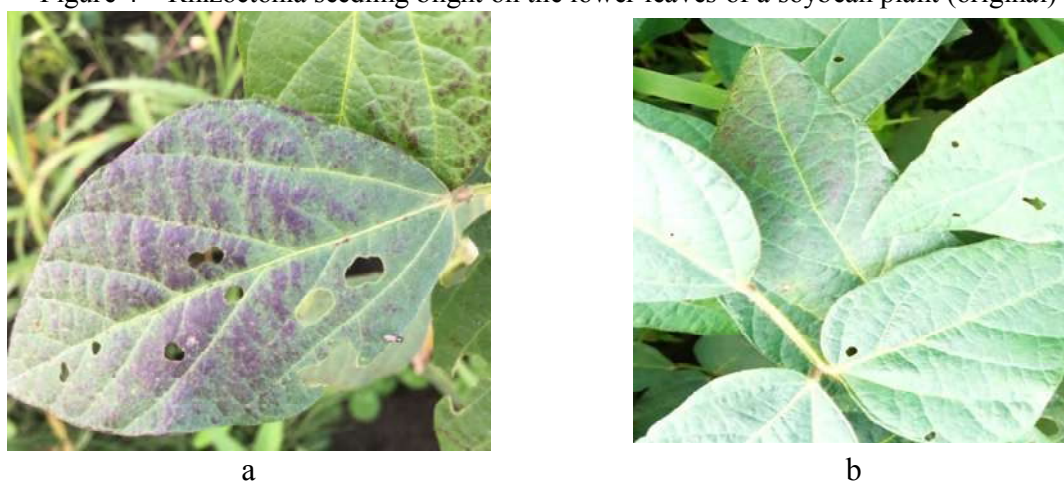


Рисунок 5 – Пурпурный церкоспороз на листьях сои:
а – развитие в Амурской области, б – развитие в Приморье (ориг.)

Figure 5 – purple Cercospora blight on soybean leaves:
a - development in the Amur region, b - development in Primorye (original)



Рисунок 6 – Развитие обычного церкоспороза на листьях сои в Амурской области

Figure 6 – The development of frogeye leaf spot on soybean leaves in the Amur region



Рисунок 7 – Концентрические пятна аскохитоза на листовой поверхности сои (ориг.)

Figure 7 – Concentric spots of Ascochyta blight on the leaf surface of soybean (original)

Таблица 5 – Обследование Приморского края в 2020 г.

Table 5 – Survey of Primorsky territory in 2020

Район / Area	Развитие болезни, R (%) / Disease development								
	септориоз / Septoria blight	филlostиктоз / phyllosticta leaf spot	бактериоз / bacterial blight	ризоктониозная пятнистость / rhizoctonia seedling blight	округлая серая пятнистость / frog-eye leaf spot	пероноспороз (лмр) / downy mildew	пурпурный церкоспороз / purple cercospora blight	фузариозное увядание / fusarium blight	аскохитоз / ascochyta blight
Хорольский / Khorolsky	10-20	0	80	10	0	0	10	0	10
Октябрьский / Octyabrsky	10	0	5- 100	0	0	10	10	75	0
Михайловский / Mikhailovsky	5	0	80	0	5	0	10	0	0
Ханкайский / Khankaisky	10	0	50	10-15	0	0		0	0



Рисунок 8 – Пероноспороз (лмр) на внешней и обратной стороне листа в Амурской области и Приморском крае (ориг.)

Figure 8 - Downy mildew on the outer and reverse side of the leaf in the Amur Region and Primorsky territory (original)



а



б

Рисунок 9 – Корневые гнили растений сои в Амурской области (ориг.)

Figure 9 – Root rot of soybean plants in the Amur region (original)

Лабораторные исследования растительных образцов, отправленных с полевых площадок, подтвердили наличие болезней (рисунок 10). Также с образцов из Приморья была выявлена единично ржавчина.

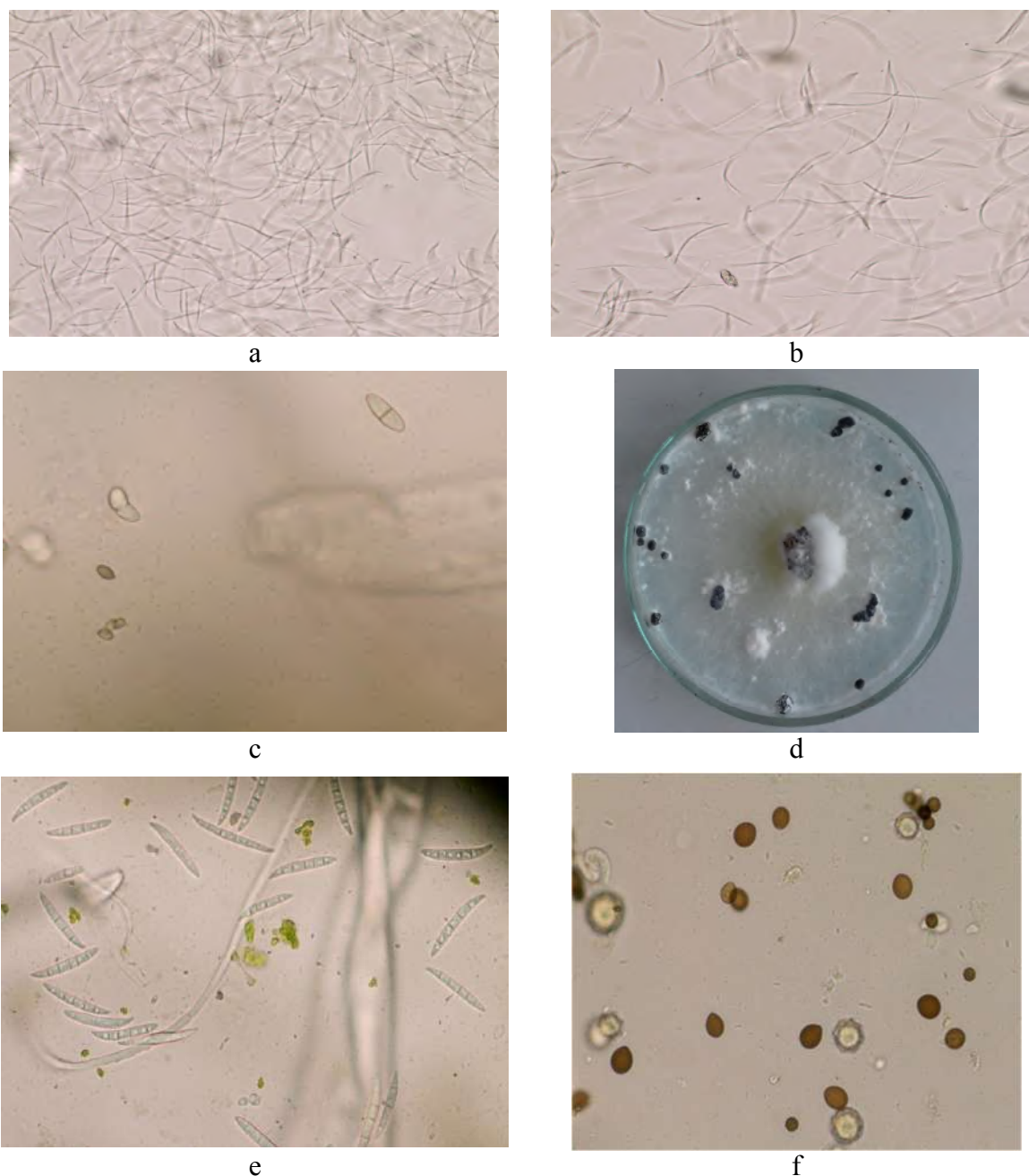


Рисунок 10 – Идентификация патогенов с листовой поверхности образцов сои в Амурской области: а, b – споры септориоза; с – споры аскохитоза;
d – склеротии белой гнили из растительного фрагмента на питательной среде;
е – макроспоры фузариоза; f – споры ржавчины (ориг.)

Figure 10 - Identification of pathogens from the leaf surface of soybean samples in the Amur region:
a, b – spores of *Septoria glycines*; c - spores of *Ascochyta sojaecola*; d - white rot sclerotia from a plant fragment on a nutrient medium; e – *Fusarium* spp. macrospores; f - rust spores (original)

Выводы. По мониторингу фитосанитарной обстановки (2019–2020 гг.) Дальнего Востока в Приморском крае и Амурской области можно сделать следующие выводы:

– погодные условия за время вегетации культуры меняются в течение суток и полевого сезона;

– прохладное утро, которое сопровождается росами, и высокие дневные температуры воздуха в полях дают необходимый толчок для развития патогенов, особенно в период вегетации культуры;

– увеличение площади посевов под сою предусматривает рост возбудителей листовых болезней, что требует проведения обследования посевов;

– происходит как увеличение распространённости и развития таких основных болезней для региона, как пероноспороз, септориоз, бактериоз, обычная серая пятнистость, корневые гнили, склеротиниоз так и увеличение видового состава возбудителей болезней по годам, ранее не встречавшихся в этой зоне: ризоктониозная пятнистость, филлостиктоз и пурпурный церкоспороз.

Необходимо проводить регулярный мониторинг вредных объектов, что является составной частью технологии возделывания культуры. Назначение фитосанитарного мониторинга состоит в том, чтобы с достаточной полнотой собрать информацию о болезнях и предложить наиболее рациональные подходы к профилактическим (превентивным) и защитным мероприятиям. Идентификация современных болезней как на Дальнем Востоке, так и в других регионах нашей страны является основой для краткосрочного и долгосрочного прогнозов и поможет определить меры борьбы с вредными объектами, развитие которых набирает оборот.

Библиографический список

1. Алехин В. Т., Михайликова В. В., Штундюк Д. А. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 76 с.
2. Антоненко В. В., Бабаков В. П. Защита сои в Приамурье // Защита и карантин растений. 2016. № 7. С. 33–35.
3. Дега Л. А. Болезни и вредители сои. Приморский НИИСХ, 2014. 100 с.
4. Драховская М. Д. Прогноз в защите растений. Сельхозлитература, 1962. С. 168–173.
5. Заостровных В. И., Рязанова О. А., Кадуров А. А. Фитосанитарный мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеосаждения // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: сборник статей. 2017. С. 21–32.
6. Заостровных В. И. Фитосанитарные технологии возделывания сои // Защита и карантин растений. 2005. Вып. 3.
7. Кривошлыков К. М., Рощина Е. Ю., Козлова С. А. Анализ состояния и развития производства сои в мире и в России // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК, 2016. Вып. 3 (167). С. 64–69.
8. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве культурами / под ред. В. И. Долженко. Санкт-Петербург, 2009. 378 с.
9. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеосаждения / В. И. Заостровных, А. А. Кадуров, Л. К. Дубовицкая, О. А. Рязанова // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4 (48). С. 51–67.
10. Прогноз развития рынка сои в сезоне 2020/21: Россия и мир. <https://www.zol.ru/n/31379>
11. Саенко Г. М., Бушнева Н. А. Мониторинг болезней и вредителей сои в условиях Краснодарского края // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. С. 484–488.
12. Саенко Г. М. Фитосанитарный мониторинг основных болезней сои в Краснодарском крае // Масличные культуры. 2019. Вып. 3 (179). С. 106–113.
13. Соя на Дальнем Востоке / А. П. Ващенко, Н. В. Мудрик, П. П. Фисенко, Л. А. Дега [и др.]. Владивосток: Дальнаука, 2010. 435 с.
14. Соя. Биология и технология возделывания / под ред. В. Ф. Баранова, В. М. Лукомца. Краснодар, 2005. 434 с.

15. A farmer's guide to soybean diseases / Edited by D. Mueller, K. Wise, A. Sisson, D. Smith, E. Sikora, C. Bradley, A. Robertson // American Phytopathological Society. St. Paul, 2018. 155 p.

16. Aćimović M. Prouzrokovaci bolesti soje I njihovo suzbijanje. Beograd: Naucna knjiga, 1988. 260 p.

17. Hartman G. L., Rupe J. C., Sicora E. J. Compendium of soybean diseases. 5rd ed. // American Phytopathological Society. St. Paul, 2015. 211 p.

Информация об авторе

Саенко Галина Михайловна, старший научный сотрудник отдела сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17), кандидат биологических наук, тел. 8-918-34-177-35, e-mail: saenkogm@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-16

BIOCHEMICAL ANALYSIS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE FRUIT OF PROMISING GRAPE VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN URALS

M. A. Tikhonova¹, D. V. Panishcheva², A. I. Lokhova¹, E. M. Feshchenko¹

¹Orenburg branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
«Federal Scientific Center for Horticulture»

²Federal State Budgetary Scientific Organization
«Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery»

Received 08.06.2022

Submitted 02.12.2022

*The research work was carried out within the framework of the state task
of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
No. 0432-2021-0003*

Abstract

Introduction. The article presents the most important indicators characterizing the chemical composition of berries in each grape variety: sugar, titratable acidity, ascorbic acid, the total content of antioxidants and phenolic compounds, as well as a tasting assessment. **Object.** The objects of research are grape varieties of early ripening: Avgustine, Kodryanka, Krasotka, Pamyat Dombkovskoy, Ruta. **Materials and methods.** The studies were carried out from 2019 to 2021. according to the following methods: the study of grape varieties (M.A. Lazarevsky); the main components of the biochemical composition: Interstate standard GOST 27198-87 (ST SEV 5622-86) "Fresh grapes" Methods for determining the mass concentration of sugars. Interstate standard "Juice products" Determination of titratable acidity by potentiometric titration GOST 34127-2017. Interstate standard "Fruit and vegetable processing products, methods for determining vitamin C" - GOST 24556-89. Determination of the total content of antioxidants in vitro (AOAC SMPR 2011.011), determination of the total content of phenolic compounds by colorimetric method using the Folin-Ciocalteu reagent. Statistical data processing was carried out by the method of two-factor analysis of variance (Dospikhov B.A.). **Results.** The grape varieties Krasotka (22.40%) and Avgustine (19.73%) were identified with the maximum sugar accumulation. Ascorbic acid plays an important role in redox processes and is the most important quality feature of fruits. With the maximum level of ascorbic acid content, the grape variety Pamyat Dombkovskoy was selected - 14.41 mg/100 g. Avgustin, Krasotka, as well as these varieties received high tasting scores (8.7-8.8 points). **Conclusions.** As a result of studies of promising grape varieties, according to biochemical indicators, the following were identified: with maximum sugar accumulation and titratable acidity - Krasotka and Avgustine; with a high content of ascorbic acid - Memory of Dombkowska; with the highest antioxidant activity and the highest tasting scores - varieties Avgustin and Krasotka. Reliable differences in the content of sugars, titratable acidity and ascorbic acid in fruits were revealed, the share of the influence of the factors "varie-

ty" and "year" on the biochemical parameters of grapes was determined. A strong correlation was established between the indicators of the amount of phenolic compounds and antioxidant activity in extracts of grape berries.

Keywords: *grapes, variety, biochemical analysis, sugars, antioxidant activity, titratable acidity, quality.*

Citation. Tikhonova M. A., Panishcheva D. V., Lokhova A. I., Feshchenko E. M. Biochemical analysis and antioxidant activity of the fruit of promising grape varieties under the conditions of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 133-142 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-16.

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 634.86

БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЛОДОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

М. А. Тихонова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Д. В. Панищева², младший научный сотрудник
А. И. Лохова¹, младший научный сотрудник
Е. М. Фещенко¹, младший научный сотрудник

¹Оренбургский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр Садоводства», г. Оренбург

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный
селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», г. Москва

Дата поступления в редакцию 08.06.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

*Научно-исследовательская работа выполнена в рамках
государственного задания*

*Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
№ 0432-2021-0003*

Актуальность. Представлены важнейшие показатели, характеризующие химический состав ягод у каждого сорта винограда: сахар, титруемая кислотность, аскорбиновая кислота, общее содержание антиоксидантов и фенольных соединений, а также дегустационная оценка. **Объект.** Объект исследований – сорта винограда раннего срока созревания: Августин, Кодрянка, Красотка, Память Домбковской, Рута. **Материалы и методы.** Исследования проведены с 2019 по 2021 гг. по следующим методам: изучение сортов винограда (Лазаревский М. А.); основные компоненты биохимического состава: Межгосударственный стандарт ГОСТ 27198-87 (СТ СЭВ 5622-86) «Виноград свежий» Методы определения массовой концентрации сахаров; Межгосударственный стандарт «Продукция соковая» Определение титруемой кислотности методом потенциометрического титрования ГОСТ 34127-2017; Межгосударственный стандарт «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С» ГОСТ 24556-89; Определение общего содержания антиоксидантов in vitro (АОАС SMPR 2011.011), определение суммарного содержания фенольных соединений колориметрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу. Статистическая обработка данных проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа (Доспехов Б. А.). **Результаты.** С максимальным сахаронакоплением выделены сорта винограда: Красотка (22,40 %) и Августин (19,73 %). Аскорбиновая кислота играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах и является важнейшим качественным при-

знаком плодов. С максимальным уровнем содержания аскорбиновой кислоты выделен сорт винограда Память Домбковской – 14,41 мг/100 г. Наибольшей антиоксидантной активностью – более 26,5 % – и наибольшим количеством фенольных соединений – от 1,3575 мг/г до 1,5300 мг/г – обладают сорта винограда: Августин, Красотка. Также эти сорта получили высокие дегустационные оценки (8,7-8,8 баллов). **Выводы.** В результате исследований перспективных сортов винограда по биохимическим показателям выделены: с максимальным сахаронакоплением и титруемой кислотностью – Красотка и Августин; с высоким содержанием аскорбиновой кислоты – Память Домбковской; с наибольшей антиоксидантной активностью и самыми высокими дегустационными оценками – сорта Августин и Красотка. Выявлены достоверные различия содержания сахаров, титруемой кислотности и аскорбиновой кислоты в плодах, определена доля влияния факторов «сорт» и «год» на биохимические показатели ягод винограда. Установлена сильная корреляционная зависимость между показателями суммы фенольных соединений и антиоксидантной активностью в экстрактах ягод винограда.

Ключевые слова: виноград, сорта винограда, биохимический анализ ягод винограда, антиоксидантная активность винограда, титруемая кислотность.

Цитирование. Тихонова М. А., Панищева Д. В., Лохова А. И., Фещенко Е. М. Биохимический анализ и антиоксидантная активность плодов перспективных сортов винограда в условиях Южного Урала. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 133-142. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-16.

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. Виноград (*Vitis L.*) за счет содержания биологически активных веществ относится к ценным продуктам питания и значительно обогащает рацион человека. Погодно-климатические условия во время вегетации обуславливают существенные различия в биохимических показателях винограда, в частности, по содержанию углеводов, органических кислот, микроэлементов, ароматических соединений, танинов, пигментов и т. д. [5, 7, 10, 12]. Виноградное сушло обеспечивает специфический насыщенный вкус винограда, который зависит от содержания сахара, составляющего, как правило, 14,5-27,7 %. Созревание ягод сопряжено с накоплением сахаров и снижением концентрации кислот. Кроме витаминов, микро- и макроэлементов, других незаменимых для здоровья веществ, плоды винограда содержат различные полифенолы, обладающие антиоксидантными, антибактериальными, противоаллергенными и противовоспалительными свойствами. Качественный и количественный состав фенольных соединений, а также антиоксидантная активность – факторы, в значительной степени определяющие ценность ягод винограда и продуктов их переработки. Источником синтеза растительных антиоксидантов (биофлавоноидов, полифенолов) являются плоды винограда [9, 14, 16, 17]. В них содержится большое количество фенольных соединений с высокой антиоксидантной активностью, поэтому виноград столовых сортов считается продуктом питания с высокой ценностью. Наивысшая концентрация фенольных соединений отмечается в косточках и коже плодов. Ягоды красного и белого винограда являются одним из лучших источников антиоксидантов. Содержащиеся в них антиокислители – это фенольные соединения (кверцетин, катехины, флоридзин, сложные эфиры кофейной и хинной кислот), аскорбиновая кислота, альфа-токоферол, каротиноиды, различные химические группы органических кислот. Также учитывается влияние экологии произрастания винограда и на содержание фенольных соединений в ягодах [1-4, 13].

В связи со всеми изложенными факторами, проведение исследований по изучению биохимического состава плодов является одним из приоритетных направлений в виноградарстве.

Цель исследований – оценка биохимического состава плодов и антиоксидантной активности перспективных сортов винограда в условиях Южного Урала.

Объект исследования. Объектами исследований являлись сорта винограда раннего срока созревания: Августин (НИИВиВ, г. Плевен, Болгария), Кодрянка (НИВиВ Молдова), Красотка (селекции Е. Г. Павловского, Россия), Память Домбковской (Оренбургский филиал ФГБНУ ФНЦ Садоводства), Рута (селекции В. Загоруйко, Украина).

Материалы и методы. Исследования проводились на базе Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства с 2019 по 2021 гг. на коллекционном участке винограда 1999-2000 гг. закладки. Схема посадки – 3 х 1,5 м, участок орошаемый, формировка кустов веерная, бесштамбовая, культура укрывная. Климат в месте проведения исследований резко континентальный – холодная суровая зима (средний многолетний минимум -36°C , абсолютный -42°C) с небольшим снежным покровом (средний максимум высоты 36 см) и сильными ветрами, жаркое сухое лето (средняя температура июля $+21,4^{\circ}\text{C}$, максимальная $+38^{\circ}\text{C}$), недостаточное количество атмосферных осадков. Продолжительность безморозного периода – 112-137 дней. По данным отдела метеорологических наблюдений, сумма активных температур (выше $+10^{\circ}\text{C}$) за вегетационные периоды исследований (апрель – август) в разные годы была от 2496 до 3093 $^{\circ}\text{C}$, что позволяло сортам раннего срока созревания благоприятно проходить периоды от распускания до полной зрелости (сумма активных температур составила 2400-2500 $^{\circ}\text{C}$ за 120-130 суток). Вегетационный период 2019 г. характеризовался более влажными условиями, сумма осадков составила в июле 105 мм (в 3 раза выше нормы), что повлияло на биохимические показатели. Самым жарким был вегетационный период 2021 г., сумма активных температур составила 3093 $^{\circ}\text{C}$ на конец августа (норма 2478 $^{\circ}\text{C}$) с минимальным количеством осадков, что благоприятно отражалось на созревании и накоплении биологически активных веществ в ягодах винограда (рисунок 1).

Изучение хозяйственно-ценных признаков коллекции сортов винограда Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства проведено с использованием методики Лазаревского М. А., основные компоненты биохимического состава определены: Межгосударственный стандарт ГОСТ 27198-87 (СТ СЭВ 5622-86) «Виноград свежий» Методы определения массовой концентрации сахаров, Межгосударственный стандарт «Продукция соковая» Определение титруемой кислотности методом потенциометрического титрования ГОСТ 34127-2017, Межгосударственный стандарт «Продукты переработки плодов и овощей методы определения витамина С» - ГОСТ 24556-89, определение общего содержания антиоксидантов in vitro (АОАС SMPR 2011.011) [11], определение суммарного содержания фенольных соединений – колориметрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [15]. Статистическая обработка данных проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа (Доспехов Б. А.).



Рисунок 1 – Погодные условия вегетационных периодов от распускания почек до полного созревания сортов винограда, 2019-2021 гг.

Figure 1 – Weather conditions of the growing seasons from bud break to full ripening of grape varieties, 2019-2021

Результаты и обсуждение. Важнейшими показателями, характеризующими качество ягод у каждого сорта винограда, являются компоненты биохимического состава (сахар, титруемая кислотность, общее содержание антиоксидантов, аскорбиновая кислота), а также дегустационная оценка. Первая стадия зрелости является физиологической и направлена на созревание семян, сроки ее наступления зависят от завершения процессов роста побегов и аккумуляции питательных веществ в ягодах винограда. Вторая стадия созревания, техническая, начинается после полной зрелости семян. При этом содержание сахаров увеличивается в процентном соотношении за счет процесса испарения [6, 8].

В начале созревания в ягодах винограда отмечено низкое содержание сахаров и очень высокая кислотность, затем, в течение трех недель происходит резкое увеличение в них сахаров, способствующее полной физиологической зрелости винограда. Одновременно наблюдается столь же резкое уменьшение кислотности.

На основе проведенных исследований установлено, что в среднем за три года накопление сахаров в плодах варьировало от 16,40 до 21,06 % (таблица 1).

Самым жарким и засушливым периодом во время созревания ягод был 2021 год, что позволило всем сортам, за исключением Кодрянки, накопить сахара выше 22 %, а титруемая кислотность отмечалась самой низкой за весь период изучения. В среднем за 3 года исследований с максимальным сахаронакоплением выделены сорта винограда Красотка (22,40 %) и Августин (19,73 %). С низким сахаронакоплением – от 16,40 до 18,20 % – отмечены сорта винограда Кодрянка, Память Домбковской, Рута. Титруемая кислотность находилась в пределах от 0,26 до 0,67 %, выше среднего этот показатель отмечен у сортов Память Домбковской, Августин, Красотка. Низкой кислотностью обладают сорта винограда Кодрянка 0,47 % и Рута 0,26 %.

Таблица 1 – Биохимические показатели перспективных сортов винограда

Table 1 – Biochemical parameters of promising grape varieties

Сорта винограда / grape varieties	2019 год / year		2020 год / year		2021 год / year		В среднем за 3 года / Average over 3 years	
	Сахара / Sugar, %	Титруемая кислотность / Titratable acidity, %	Сахара / Sugar, %	Титруемая кислотность / Titratable acidity, %	Сахара / Sugar, %	Титруемая кислотность / Titratable acidity, %	Сахара / Sugar, %	Титруемая кислотность / Titratable acidity, %
Августин Avgustin	17,2	0,64	17,6	0,76	24,4	0,31	19,73	0,57
Кодрянка Kodryanka	14,0	0,48	15,4	0,52	19,8	0,41	16,40	0,47
Красотка Krasotka	19,1	0,52	20,7	0,66	27,4	0,34	22,40	0,51
Память Домбков- ской / Pamyat Dombkovskoj	14,7	0,67	16,2	0,72	23,7	0,63	18,20	0,67
Рута / Ruta	13,6	0,24	15,6	0,31	22,2	0,23	17,13	0,26
Среднее / average	-	-	-	-	-	-	18,50	0,48

Аскорбиновая кислота является ключевым антиокислителем, содержание которой служит одним из показателей качества ягод винограда. Уровень аскорбиновой кислоты в изучаемых сортах в среднем за три года варьировал от 6,90 до 14,41 мг/100 г (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание аскорбиновой кислоты
и органолептическая оценка перспективных сортов винограда

Table 2 – The content of ascorbic acid and organoleptic evaluation of promising grape varieties

Сорта винограда / grape varieties	2019 год / year		2020 год / year		2021 год / year		В среднем за 3 года / Average over 3 years	
	Аскорбиновая кислота (мг/100 г) / Ascorbic acid, mg/100 g	Дегустационная оценка, балл / Tasting score, score	Аскорбиновая кислота (мг/100 г) / Ascorbic acid, mg/100 g	Дегустационная оценка, балл / Tasting score, score	Аскорбиновая кислота (мг/100 г) / Ascorbic acid, mg/100 g	Дегустационная оценка, балл / Tasting score, score	Аскорбиновая кислота (мг/100 г) / Ascorbic acid, mg/100 g	Дегустационная оценка, балл / Tasting score, score
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Августин Avgustin	7,32	8,5	7,11	8,7	6,29	9,1	6,90	8,8

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кодрянка Kodryanka	9,68	8,3	5,61	8,5	8,58	8,8	7,95	8,5
Красотка Krasotka	10,56	8,7	6,03	8,5	9,82	8,9	8,80	8,7
Память Домбковской Pamyat Dombkovskoj	10,56	8,1	12,37	8,0	20,3	8,4	14,41	8,1
Рута / Ruta	11,44	8,4	13,48	8,2	10,76	8,5	11,88	8,4

Минимальное содержание аскорбиновой кислоты отмечено у сорта Августин 6,90 мг/100 г, максимальное – у сорта Память Домбковской – 14,41 мг/100 г.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по факторам «сорт», «год» за 2019-2021 гг. показали достоверные различия между изученными сортами по всем показателям для 5 % уровня значимости. По фактору «сорт» полученные значения F составили 3,4–10,7 при стандартном значении критерия Фишера $F_{ст.} = 3,84$; по фактору «год» – 0,75–56,6 при стандартном $F_{ст.} = 4,46$.

Данные таблицы 3 демонстрируют то, что вклад генотипа сорта в биохимическом составе плодов максимально проявляется в величине титруемой кислотности и содержании аскорбиновой кислоты (доля влияния фактора 62 и 60 % соответственно). Общее содержание сахаров не зависит от сортовых особенностей, большее влияние оказывает год выращивания (77 %).

С целью определения товарно-потребительских качеств ягод исследуемых сортов винограда, была проведена их дегустационная оценка (по десятибалльной шкале). По органолептическим показателям наиболее высокие оценки показали сорта Августин (8,8 балла) и Красотка (8,7 балла). У остальных сортов этот показатель варьировал от 8,1 балла (Память Домбковской) до 8,4-8,5 баллов (Рута, Кодрянка).

Таблица 3 – Влияние факторов «сорт» и «год» на биохимические показатели сортов винограда за 2019-2021 гг.

Table 3 – The influence of the factors "variety" and "year" on the biochemical parameters of grape varieties for 2019-2021

Показатель / Indicator	Доля влияния / Share of influence, %		
	Сорт / grade	Год / year	Погрешность / error
Сахара / Sugar, %	18	77	5
Титруемая кислотность Titratable acidity, %	62	25	13
Аскорбиновая кислота Ascorbic acid, mg/100 g	60	6	34

Известно, что в ягодах винограда кожура и семена выделяются по содержанию преобладающего количества антиоксидантов, которое определяется по их экстрактам. С использованием метода АОАС SMPR 2011.011 нами установлено, что наибольшей антиоксидантной активностью обладают сорта Августин, Красотка – более 26, 5 %. Хорошие показатели выявлены у сорта Память Домбковской – 22,29 %. Результаты изучения антиоксидантной активности сортов винограда приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Антиоксидантная активность и содержание фенольных соединений в ягодах перспективных сортах винограда

Table 4 – Antioxidant activity and content of phenolic compounds in promising grape varieties

Сорт / varieties	Антиоксидантная активность, % / Antioxidant activity, % (AOAC SMRP 2011.011)		Суммарное содержание фенольных соединений (метод Фолина-Чокальтеу), мг/г / Total content of phenolic compounds (Folin-Ciocalteu method), mg/g
	MeOH	H ₂ O	
Августин Avgustin	26,77	34,51	1,5300
Кодрянка Kodryanka	9,40	11,76	0,9675
Красотка Krasotka	26,59	26,68	1,3575
Память Домбковской / Pamyat Dombkovskoj	22,29	14,91	0,8025
Рута / Ruta	4,75	5,45	0,0108

Определение суммарного содержания фенольных соединений, сделанное с использованием колориметрической окислительно-восстановительной реакции по методу Фолина-Чокальтеу в пересчете на галловую кислоту, показало, что наибольшее их количество содержится в ягодах сорта Августин – 1,5300 мг/г и Красотка – 1,3575 мг/г. В ягодах сорта Рута содержание фенольных соединений значительно ниже – 0,0108 мг/г. Концентрация фенольных соединений обуславливает антиоксидантную активность спиртового и водного экстрактов ягод. У исследуемых сортов винограда выявлена существенная зависимость между содержанием фенольных соединений в ягодах и антиоксидантной активностью спиртового и водного экстрактов (коэффициенты корреляции $r=0,83$ и $r=0,91$ соответственно). При этом эффективность водной экстракции оказалась выше, чем спиртовой.

Выводы. В результате изучения в условиях Южного Урала перспективных сортов винограда раннего срока созревания по биохимическим показателям выделены: с максимальным сахаронакоплением и титруемой кислотностью – Красотка и Августин; с высоким содержанием аскорбиновой кислоты – Память Домбковской; с наибольшей антиоксидантной активностью и самыми высокими дегустационными оценками – сорта Августин и Красотка. Выявлены достоверные различия содержания сахаров, титруемой кислотности и аскорбиновой кислоты в плодах, определена доля влияния факторов «сорт» и «год» на биохимические показатели ягод винограда. Установлена сильная корреляционная зависимость между показателями суммы фенольных соединений и антиоксидантной активностью в экстрактах ягод винограда.

Библиографический список

1. Ашурбекова Ф. А., Гусейнова Б. М., Даудова Т. И. Химический состав винограда, культивируемого в районах виноградарства Дагестана, отличающихся почвенно-климатическими условиями // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 3. С. 17-21.
2. Исследование потенциальных антиканцерогенных и антиоксидантных эффектов экстрактов из растительного сырья / Н. Б. Еремеева [и др.] // Известия вузов. Прикладная биохимия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 4. С. 613-626.

3. Кравченко Р. В., Дьяченко Е. П. Сортоизучение белоягодных столовых сортов винограда в условиях Южно-Предгорной зоны Краснодарского края // *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2018. Т. 4. № 6. С. 19-26.
4. О роли фенольных соединений в рациональном использовании виноградных ресурсов засушливых регионов / З. К. Бахмулаева [и др.] // *Аридные экосистемы*. 2019. Т. 25. № 2 (79). С. 59-63.
5. Оценка новых интродуцентных сортов винограда в условиях Азербайджана / М. А. Гусейнов [и др.] // *АПК России*. 2018. Т. 25. № 3. С. 444-447.
6. Полухина Е. В., Власенко М. В. Влияние некорневого питания на качество урожая сортов винограда столового назначения в аридных условиях // *Аграрная Россия*. 2020. № 7. С. 36-39.
7. Тихонова М. А., Аминова Е. В., Мережко О. Е. Продуктивность и урожайность столовых сортов и форм винограда в условиях Оренбуржья // *Русский виноград*. 2020. Т. 12. С. 18-23.
8. Тихонова М. А., Салимова Р. Р., Панова М. А. Урожай и качество винограда под влиянием некорневой подкормки // *Бюллетень Оренбургского научного центра Уро РАН*. 2018. № 4. С. 21.
9. Ageyeva N. M., Ilina I. A., Nenko N. I. High-molecular compounds in the must of new varieties and clones of the grapes // *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2019. No 4. Pp. 97-103.
10. Antioxidant Activity and Biochemical Compounds of *Vitis vinifera* L. (cv. 'Katikara') and *Vitis labrusca* L. (cv. 'Isabella') Grown in Black Sea Coast of Turkey / Nurhan Keskin [et al.] // *Erwerbs-Obstbau*. 2021. Vol. 63. P. 115-122.
11. AOAC SMPR 2011.011 Standard Method Performance Requirements for in vitro Determination of Total Antioxidant Activity in Foods, Beverages, Food Ingredients, and Dietary Supplements // *Journal of AOAC INTERNATIONAL*. 2012. Vol. 95. Issue 6. P. 1557.
12. Aubert C., Chalot G. Chemical composition, bioactive compounds and volatiles of six table grape varieties (*Vitis vinifera* L.) // *Food Chem*. 2018. Vol. 240. P. 524-533.
13. Chemical characteristics of grapes cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.) grown in the tropical semi-arid region of Brazil (Pernambuco state): influence of rootstock and harvest season / J. B. Oliveira, R. Egipto, O. Laureano [et al.] // *Science of Food and Agriculture*. 2019. V. 99 (11). P. 5050-5063.
14. Evaluation of phenolic compounds, antioxidant and antiproliferative activities of 31 grape cultivars with different genotypes / L. Xia, C. Xu, K. Huang [et al.] // *Food Biochemistry*. 2019. V. 43 (6). P. 12626-12641.
15. Folín O., Ciocalteu V. *Biol. Chem.* 1927. Vol. 73. P. 627-650.
16. Scharfetter J., Workmaster B. A., Atucha A. Preveraison leaf removal changes fruit zone microclimate and phenolics in gold climate interspecific hybrid grapes grown under cool climate conditions // *American Journal of Enology and Viticulture*. 2019. № 70 (3). P. 297-307.
17. Spectrophotometric Analysis of Phenolic Compounds in Grapes and Wines / J. L. Aleixandre-Tudo, A. Buica, H. Nieuwoudt [et al.] // *Agricultural and Food Chemistry*. 2017. V. 65 (20). P. 4009-4026.

Информация об авторах

Тихонова Марина Александровна, старший научный сотрудник Оренбургского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр Садоводства», (460008, г. Оренбург, Нежинское шоссе 10, Россия), кандидат биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4082-0244>, E-mail: marintikhonova@yandex.ru.

Панищева Дарья Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории биохимии и физиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр Садоводства», (Загорьевская ул., 4, г. Москва, 115598, Россия), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0548-0192>, E-mail: pani-darya@yandex.ru

Лохова Алия Ишембаевна, младший научный сотрудник Оренбургского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр Садоводства», (460008, г. Оренбург, Нежинское шоссе 10, Россия), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6123-9451>, E-mail: aliya.makaeva@list.ru.

Фещенко Екатерина Михайловна, младший научный сотрудник Оренбургского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр Садоводства», (460008, г. Оренбург, Нежинское шоссе 10, Россия), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4237-2059>, E-mail: spiritinnocence@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-17

THE USE OF SIDERAL CROPS ON LIGHT CHESTNUT SOILS IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD TRANS-VOLGA REGION

N. B. Ryabchikova¹, G. S. Egorova², I. N. Bocharova¹

¹*Bykovskaya melon breeding experimental station – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Vegetable Growing», Volgograd region*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 12.07.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. Modern agriculture is a complex complex of interrelated tasks and their reasoned solutions. This article shows the possibility of using sideral crops in the dry-steppe Trans-Volga region to improve soil indicators when growing table watermelon. The use of sideral crops in crop rotations is an alternative to the use of mineral fertilizers in environmentally safe agricultural production, and sometimes even allows you to completely abandon the introduction of mineral and organic fertilizers into the soil. This is due to a number of positive properties: an increase in humus, a change in the nutritional regime, the intensity of soil respiration, the aggregate composition and the coefficient of soil structure, as well as a favorable effect on the density of soil composition and the structure of total water consumption in table watermelon crops. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental site of the Bykovskaya melon breeding experimental station. The experience tab and related observations were carried out according to the methods. **Results and conclusions.** Evaluation of the aftereffect of sideral crops in table watermelon crops showed that at the beginning of the growing season, the content of nitrate nitrogen is 15-42% higher compared to the fruit ripening period. Similar data were obtained on the content of mobile phosphorus in the arable soil layer. The highest content of exchangeable potassium was noted in the winter rye variant, 57.1% and 64.5% more compared to the mustard and winter rye + mustard variants (50/50), respectively. A higher aftereffect effect was obtained for the winter rye sideral culture, where the content of agronomically valuable aggregates in the soil at the beginning of the growing season was the maximum amount. The maximum values of total water consumption were obtained in the winter rye variant, the minimum values in the mustard and winter rye + mustard variants (50/50).

Key words: *sideral crops, soil fertility, humus, food regime, table watermelon, winter rye, mustard, soil structure.*

Citation. Ryabchikova N.B., Egorova G.S., Bocharova I.N. The use of sideral crops on light chestnut soils in the conditions of the Volgograd trans-Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 142-153 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-17.

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 631.582-635.615

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Н. Б. Рябчикова¹, научный сотрудник

Г. С. Егорова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. Н. Бочерова¹, научный сотрудник

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция –
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр овощеводства»

Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.07.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Современное земледелие – это самый сложный комплекс взаимосвязанных задач и их обоснованных решений. В данной статье показана возможность применения в сухостепном Заволжье сидеральных культур для улучшения почвенных показателей при выращивании арбуза столового. Применение в севооборотах сидеральных культур является альтернативой использованию минеральных удобрений в экологически безопасном аграрном производстве, а иногда даже позволяет полностью отказаться от внесения в почву минеральных и органических удобрений. Это обусловлено рядом положительных свойств: увеличением гумуса, изменением пищевого режима, интенсивностью дыхания почвы, агрегатным составом и коэффициентом структурности почвы, а также благоприятным влиянием на плотность сложения почвы и структуру суммарного водопотребления в посевах арбуза столового. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке Быковской бахчевой селекционной опытной станции. Закладка опыта и сопутствующие наблюдения проводились согласно методикам. **Результаты и выводы.** Оценка последствий сидеральных культур в посевах арбуза столового показала, что в начале вегетации содержание нитратного азота на 15-42 % больше по сравнению с периодом созревания плодов. Аналогичные данные были получены и по содержанию в пахотном слое почвы подвижного фосфора. Самое высокое содержание обменного калия отмечено в варианте рожь озимая – на 57,1 % и 64,5 % больше по сравнению с вариантами горчица и рожь озимая + горчица (50/50) соответственно. Более высокий эффект последствий был получен по сидеральной культуре рожь озимая, где содержание агрономически ценных агрегатов в почве на начало вегетации составляло максимальное количество. Максимальные значения суммарного водопотребления были получены в варианте рожь озимая, минимальные значения – в вариантах горчица и рожь озимая + горчица (50/50).

Ключевые слова: сидеральные культуры, плодородие почв, гумус, пищевой режим почв, арбуз столовый, рожь озимая, горчица, структура почвы.

Цитирование. Рябчикова Н. Б., Егорова Г. С., Бочерова И. Н. Использование сидеральных культур на светло-каштановых почвах в условиях Волгоградского Заволжья. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 142-153. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-17.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Начиная с 60-х годов земледелие в нашей стране развивалось преимущественно за счет непрерывного наращивания средств химизации [1]. Поэтому на определённом этапе, когда в сельском хозяйстве ещё не было перенасыщения различными препаратами, удалось достигнуть увеличения урожайности почти всех сельскохозяйственных культур [2, 6].

Непрерывное и массовое применение минеральных удобрений, химических средств защиты растений в почву в большом количестве вместе с положительным эффектом стало приводить к широкому развитию негативных явлений в современных агроэкосистемах [7]. Во многих, особенно, в малобуферных почвах с низким содержанием гумуса отмечалось значительное накопление нитратов, пестицидов и т. д. Это стало существенно отражаться на решении практических задач в современном земледелии. Чрезмерное применение химических препаратов всегда сопровождается нерациональным использованием органических удобрений, внедрением в севообороты сидеральных культур, которые принимают участие в формировании гумуса и потенциального плодородия почвы [3, 4]. Хорошо гумусированные, плодородные почвы имеют оптимальный, экологически сбалансированный состав, буферность, влагоёмкость, благоприятное для растений сочетание воздушного, теплового и пищевого режима [9]. Такие почвы обладают хорошо выраженной противоэрозийной устойчивостью, что немаловажно для сухостепной зоны Заволжья.

Благоприятные почвенно-климатические условия зарубежных стран позволили широко применять сидераты довольно давно [13]. В Германии используют около тридцати различных культур. Среди них клевер, люпин, сераделла, вика, пелюшка, райграс, горчица, фацелия и другие [10, 13]. Во Франции в качестве сидеральной культуры на зеленое удобрение применяют даже кормовой редис [13]. Швейцария как лучшую сидеральную культуру использует фацелию, хозяйственное значение которой заключается в том, что она является медоносом [11].

В последние годы и в России всё чаще употребляется термин «органическое земледелие и зеленое удобрение». В сельском хозяйстве это форма ведения хозяйства, в рамках которой сознательно минимизируют использование синтетических удобрений, пестицидов, генетически модифицированных организмов [8].

Важнейшим из способов обогащения почвы является применение сидератов. Сидерация – это заделка в почву еще зеленых не отмерших, богатых сахарами, крахмалом, белком и азотом растений, а также корней растений, еще функционирующих ко времени обработки почвы. Это отличает зеленое удобрение от других органических удобрений [3, 5]. Перечень растений-сидератов довольно большой – это бобовые, злаковые, крестоцветные культуры [9]. Зеленое удобрение – это важный экологический и фитосанитарный фактор современного, развитого земледелия. Применение сидератов гарантирует воспроизводство плодородия почвы и получение стабильно высоких урожаев экологической продукции.

Ведение сельского хозяйства в засушливом Заволжье отличается от увлажненных регионов, так как имеет весьма ограниченные запасы органических удобрений. Поэтому основным источником обогащения органическими веществами каштановых и светло-каштановых почв сухой степи Заволжья может служить возделывание в полевых севооборотах сидеральных культур [8, 12].

Природные условия сухостепной зоны Заволжья оказывают на рост и развитие бахчевых культур как положительное, так и отрицательное влияние. Положительные факторы – большая общая продолжительность солнечного сияния, температурный режим (достаточно высокие значения средних температур, сумм активных и эффективных температур). Отрицательные факторы – суховеи и недостаток влаги, для накопления которой необходим определённый комплекс агротехнических мероприятий [7].

Также получение хороших и стабильных урожаев бахчевых культур в зоне исследований зависит от многих факторов, среди которых определяющее значение имеет плодородие почвы [9]. Пополнение запасов органического вещества в почве – это главное предназначение сидерации. Подобное удобрение обладает полным набором питательных веществ, которые необходимы для роста и развития бахчевых культур. Питательные элементы в составе зеленого удобрения, такие как азот, фосфор, калий и др., находятся в биологически связанной форме – в виде органического вещества, которое не вымывается и не загрязняет почву [3, 9].

Материалы и методы. Цель настоящих исследований заключалась в установлении влияния сидеральных культур на почвенные показатели в посевах арбуза столового на светло-каштановых почвах Волгоградского Заволжья.

Исследования по использованию сидеральных культур в качестве предшественника для бахчевых культур, определения их влияния на почвенное плодородие в посевах арбуза столового проводились на опытном участке Быковской бахчевой селекционной опытной станции в 2019-2020 гг.

Почвенный покров на обследуемом участке представлен светло-каштановыми, супесчаными почвами.

Объектами исследований являлись сидеральные культуры: рожь озимая, горчица, рожь озимая + горчица (50/50).

Закладку опыта проводили по общепринятым методикам С. С. Литвинова. По Н. И. Савинову проводили определение агрегатного состава почвы методом сухого просеивания для пахотного слоя почвы (0-30 см).

Нитратный азот определяли ионоселективным методом, подвижный фосфор – по методике Б. П. Мачигину, обменный калий определяли методом пламенной фотометрии.

Результаты и обсуждение. Положительная роль сидеральных культур определяется большим накоплением количества органической массы в виде корневых и пожнивных остатков. В 2019 году сравнительный анализ качественных характеристик изучаемых сидеральных культур показал, что максимальные значения по надземной массе (18,68 т/га) были получены у ржи озимой, а это в 1,5 раза больше по сравнению с горчицей и в 2,3 раза больше по сравнению с вариантом рожь озимая + горчица (50х50) (рисунок 1).

По проведённой оценке корневой массы минимальные значения отмечены по сидерату горчица, что на 45,2 % меньше по сравнению с сидеральной культурой горчица+рожь озимая (50х50) и в 3,8 раза меньше сидерата рожь озимая. Та же тенденция прослеживается и по результатам оценки сухой массы пожнивно-корневых остатков. В варианте рожь озимая количество пожнивно-корневых остатков в пахотном слое почвы (0-30 см) на 66,7 % больше по сравнению с вариантом горчица+рожь озимая и значительно больше по сравнению с сидеральной культурой горчицей.

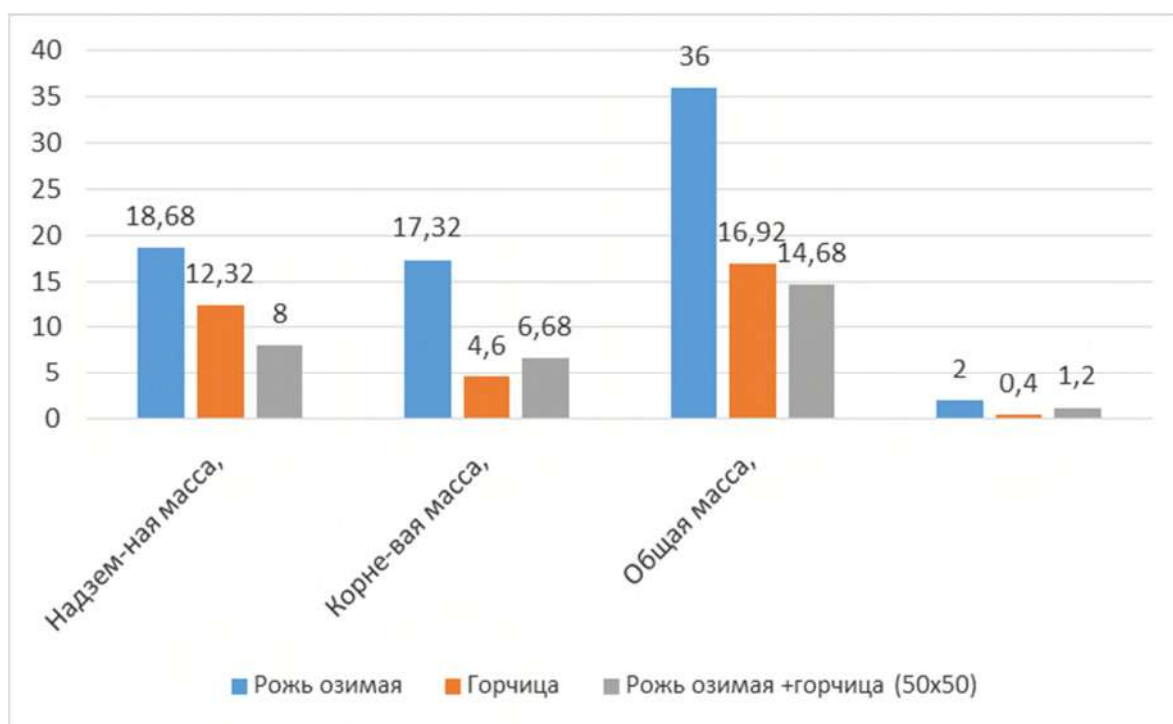


Рисунок 1 – Количество массы пожнивно-корневых остатков сидератов 2019 год

Figure 1 – The amount of mass of crop-root residues of siderates in 2019

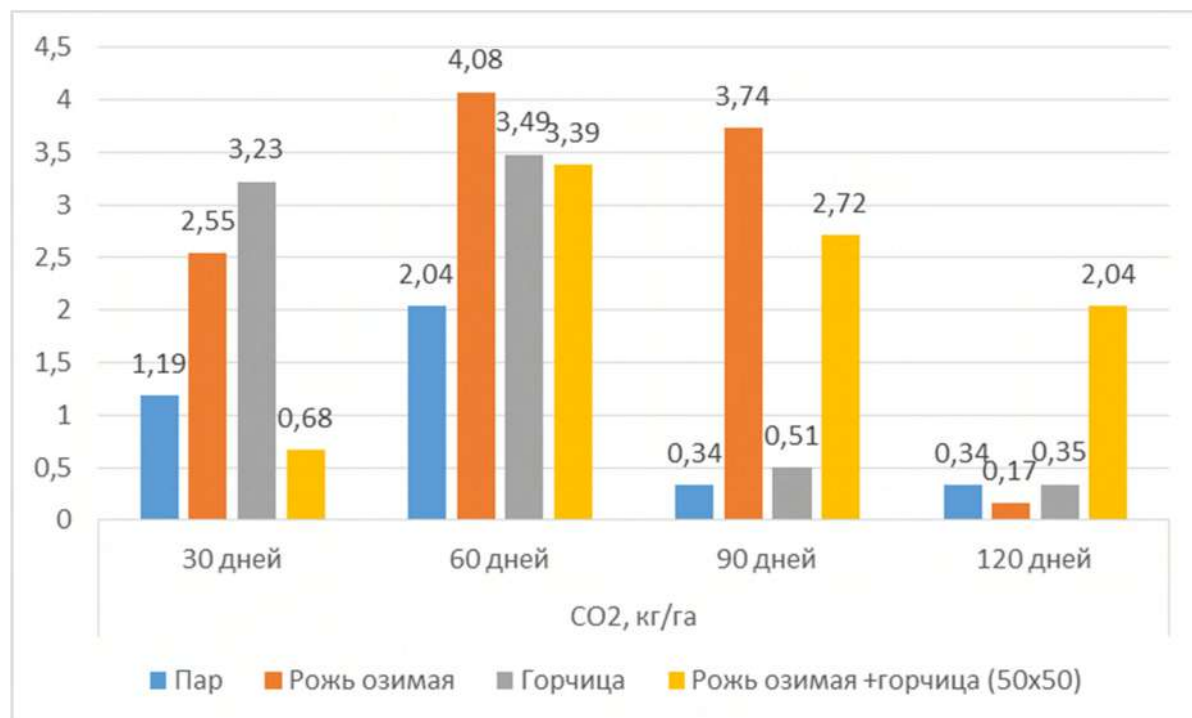


Рисунок 2 – Дыхание почвы (кг/га в час)

Figure 2 – Soil respiration (kg/ha per hour)

Хорошая обеспеченность почвы кислородом оказывает благоприятное влияние на жизнедеятельность бактерий и других почвенных микроорганизмов, участвующих в разложении пожнивно-корневых остатков, на ее плодородие в целом. Интенсивность дыхания почвы, почвенный газообмен – характерный показатель воздушного режима. Как показали проведенные нами исследования, данный показатель во всех изучаемых вариантах достигал максимальных значений к середине лета, при наибольшей интенсивности дыхания почвы по сидеральной культуре рожь озимая – 4,08 CO₂, кг/га, что на 16,9 % больше по сравнению с сидератом горчица, на 20,3 % больше по сравнению с вариантом рожь озимая+горчица (50х50) и в 2 раза больше по сравнению с паром (рисунки 1, 2). К концу вегетативного периода интенсивность почвенного дыхания снижается во всех изучаемых вариантах.

Корневая система сидеральных культур усваивает труднодоступные фосфаты, кальций и магний из нижних слоев почвы, вынося их в надземную массу, а после заделки и минерализации они используются в доступной форме последующими культурами. Влияние изучаемых сидеральных культур на степень обогащения органическим веществом определяли расчетным методом с применением коэффициента гумификации для супесчаных почв. Содержание гумуса составляло от 0,07 до 0,34 т/га, с наибольшим содержанием в варианте опыта рожь озимая и наименьшим показателем в варианте с применением сидеральной культуры горчица (рисунки 3, 4).

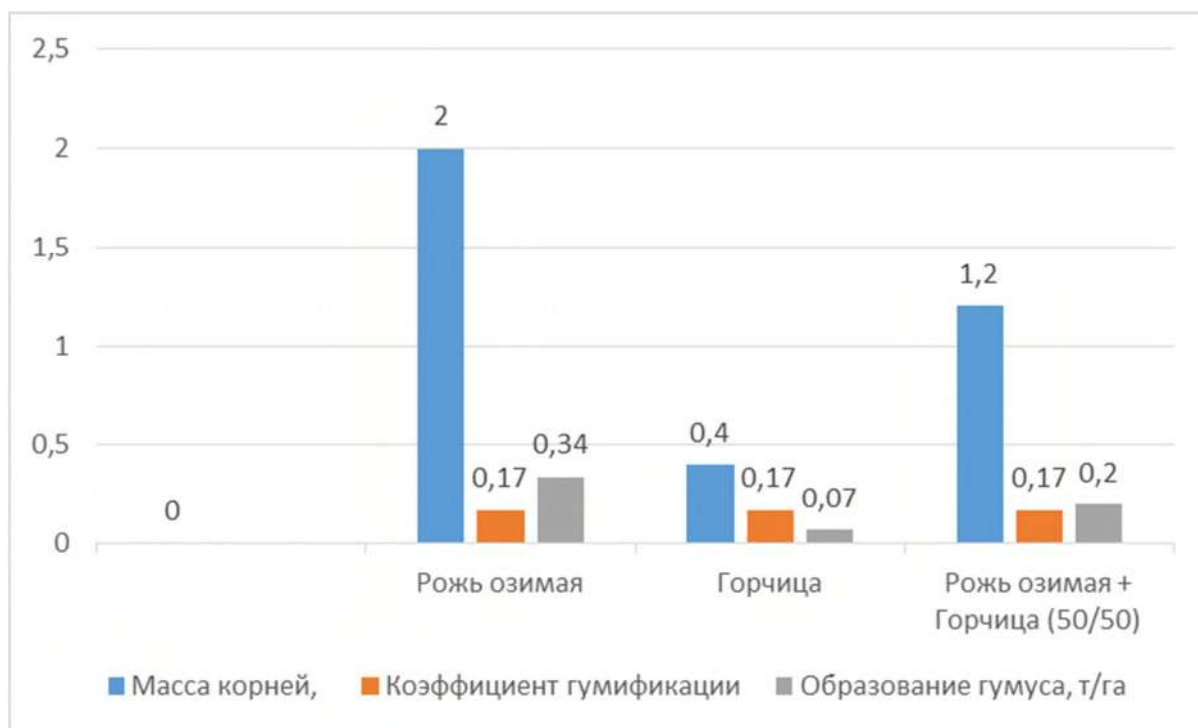


Рисунок 3 – Показатели образования гумуса (в слое 0-30 см), т/га 2019 год

Figure 3 – Indicators of humus formation (in a layer of 0-30 cm), t/ha 2019

Прямое влияние сидератов на улучшение обеспеченности почвы элементами питания подтверждается нашими исследованиями. Оценка пищевого режима почвы показала, что количество нитратного азота колебалось от 36,0 до 62,0 мг/кг с максимальными значениями по сидеральной культуре горчица и минеральных по культуре рожь озимая (рисунки 4, 5). При использовании в качестве сидеральной культуры горчицы количество калия в па-

хотном слое почвы на 15 % больше по сравнению с культурой рожь озимая и на 65 % больше по сравнению с вариантом опыта рожь озимая + горчица (50/50). Количество подвижного фосфора разнилось незначительно и составило от 71,5 до 85,3 мг/кг.

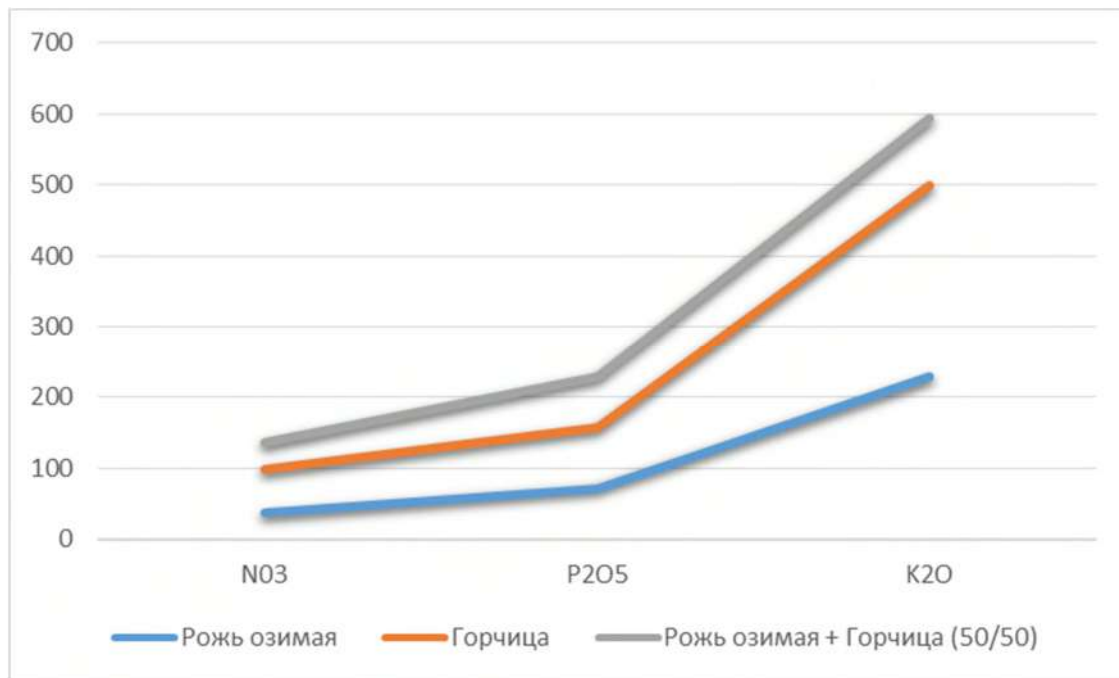


Рисунок 4 – Содержание элементов питания (мг/кг абсолютно-сухой почвы) в 2019 году

Figure 4 – The content of nutrients (mg/kg of absolutely dry soil) in 2019

В 2020 году по всем предшественникам сидеральных культур производился посев арбуза столового, раннего срока созревания Триумф.

Пищевой режим почвы напрямую определяет наличие основных питательных веществ. Анализ содержания азота NO_3^- в пахотном слое почвы в посевах арбуза с использованием различных сидеральных культур показал, что в фазу «всходы» во всех вариантах его содержание выше. По сравнению с периодом созревания плодов отмечалось повышение нитратного азота на 15-42 % при максимальных значениях в варианте рожь озимая и минимальных показателях – в варианте горчица (рисунок 5). Исследованиями выявлено, что в начальный период роста растений арбуза столового наибольшее количество нитратного азота было в варианте опыта рожь озимая, на 23,9 % больше по сравнению с сидеральной культурой горчица и на 3,6 % больше по сравнению с вариантом рожь озимая + горчица (50/50). Сравнительный анализ размещения арбуза столового по пару и сидеральным культурам показал преимущество вариантов опыта рожь озимая и рожь озимая + горчица (50/50), где нитратного азота в фазу всходов на 23,9 % и 19,6 % больше по сравнению с его наличием по пару соответственно. Аналогичные данные были получены и по содержанию в пахотном слое почвы подвижного фосфора, при максимальных значениях по сидеральной культуре рожь озимая, на 16,4 % и больше по сравнению с вариантом рожь озимая + горчица (50/50), на 25,8 % больше по сравнению с сидеральной культурой горчица и на 20,0 % больше по сравнению с паром. Также было отмечено в посевах арбуза по сидеральной культуре рожь озимая самое высокое содержание обменного калия, на 57,1 % и 64,5 % больше по сравнению с вариантами опыта горчица и рожь озимая + горчица (50/50), на 30,5 % больше по сравнению с паром. К периоду созревания плодов количество элементов питания снижается во всех изучаемых вариантах опыта.

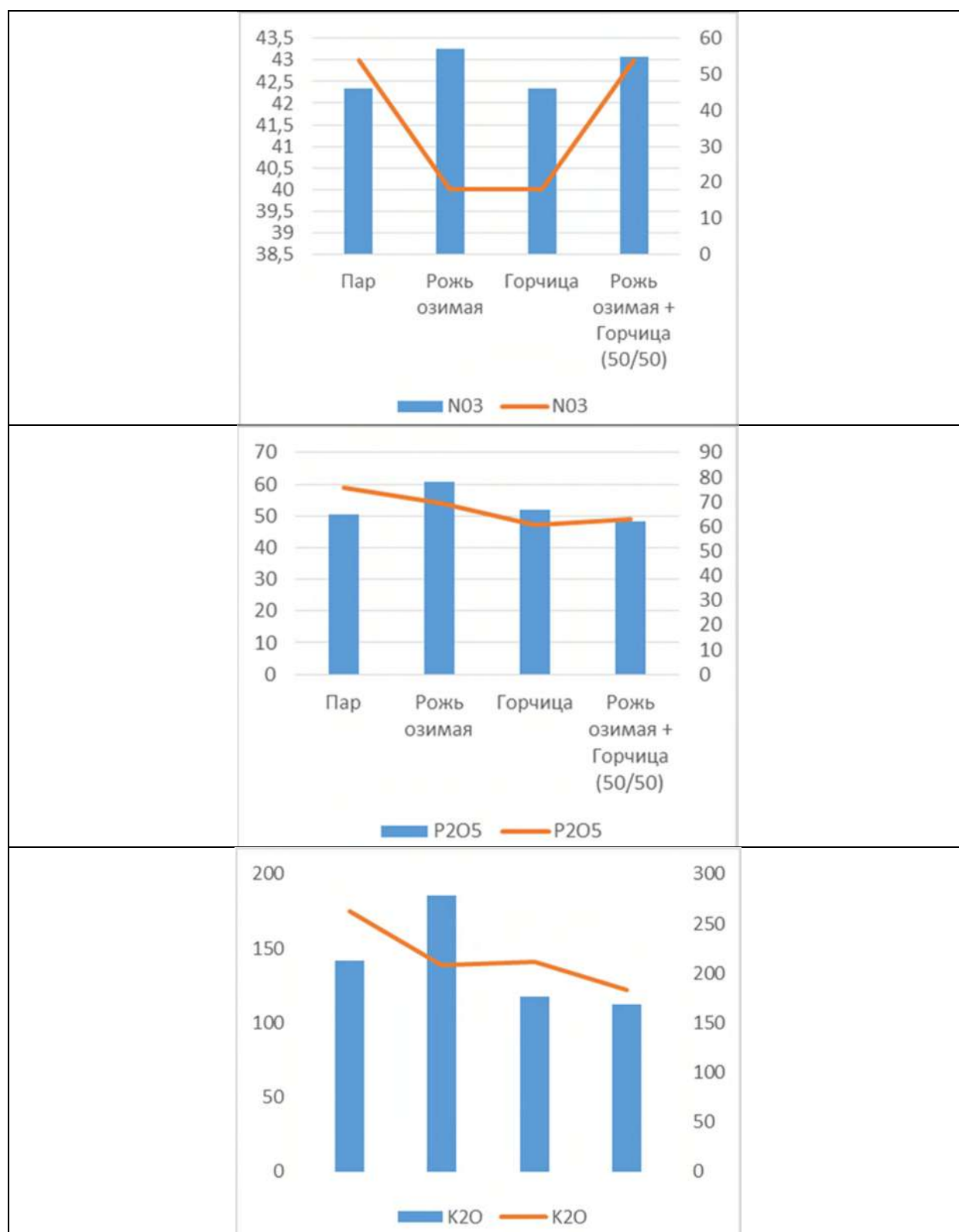


Рисунок 5 – Содержание подвижных форм элементов питания в посевах арбуза столового (мг/кг абсолютно-сухой почвы) в 2020 году

Figure 5 – The content of mobile forms of nutrients in table watermelon crops (mg/kg of absolutely dry soil) in 2020

В исследованиях ставилась задача изучить последствие сидеральных культур на структурное состояние пахотного слоя почвы в посевах арбуза столового. Анализ почвенных образцов показал, что использование сидеральных культур под посевы арбуза столового оказывает положительное влияние на процесс структурирования почвы. Результатами исследований установлен более высокий эффект их последствия в варианте опыта рожь озимая, где содержание агрономически ценных агрегатов в почве на начало вегетации составляло максимальное количество, что на 2,5 % больше по сравнению с сидеральной культурой горчица и на 6,9 % больше по сравнению с вариантом опыта рожь озимая + горчица (50/50) (таблица 1). Важной характеристикой динамики структурирования почвы может служить коэффициент структурности, который, как показали результаты исследований, имел самые высокие значения в варианте опыта рожь озимая – 1,36, при 1,03-1,23 в других вариантах исследований. Аналогичная тенденция была отмечена и по показателям структурности почвы на конец вегетации.

Таблица 1 – Агрегатный состав почвы и коэффициент структурности в зависимости от сидеральных культур в посевах арбуза столового в 2020 году, %

Table 1 – Aggregate composition of soil and structural coefficient depending on sideral crops in table watermelon crops in 2020, %

Предшественник	Фракция > 0,25 мм		Фракция, < 0,25 мм		Коэффициент структурности	
	начало вегетации	конец вегетации	начало вегетации	конец вегетации	начало вегетации	конец вегетации
Пар	50,8	49,1	49,2	50,9	1,03	0,82
Рожь озимая	57,6	57,1	42,4	42,9	1,36	1,33
Горчица	55,1	49,4	44,9	50,6	1,23	0,98
Рожь озимая + Горчица (50/50)	50,7	42,2	49,3	54,8	1,03	0,82

При определении последствия сидеральных культур в посевах арбуза столового на запасы продуктивной влаги в почве было выявлено положительное действие сидеральной культуры рожь озимая. В данном варианте исследований содержание весенних запасов продуктивной влаги в почве на 2,3 % больше по сравнению с сидеральной культурой горчица и на 17,4 % больше по сравнению с вариантом рожь озимая + горчица (50/50) (рисунок 6).

Исследованиями отмечено, что в посевах арбуза столового по пару запасы продуктивной влаги на 9,6 % больше по сравнению с вариантом опыта рожь озимая + горчица (50/50), но на 4,7 и 7,1 % меньше по сравнению с сидеральными культурами рожь озимая и горчица соответственно. К концу вегетации арбуза столового запасы продуктивной влаги значительно снижались во всех изучаемых вариантах, и составило от 29,2 мм до 38,7 мм. Максимальные значения суммарного водопотребления были получены в варианте опыта рожь озимая – 155,7 мм, при минимальных значениях в вариантах опыта горчица и рожь озимая + горчица (50/50) - 144,6 мм. Также исследованиями была определена высокая зависимость влагообеспеченности от осадков.

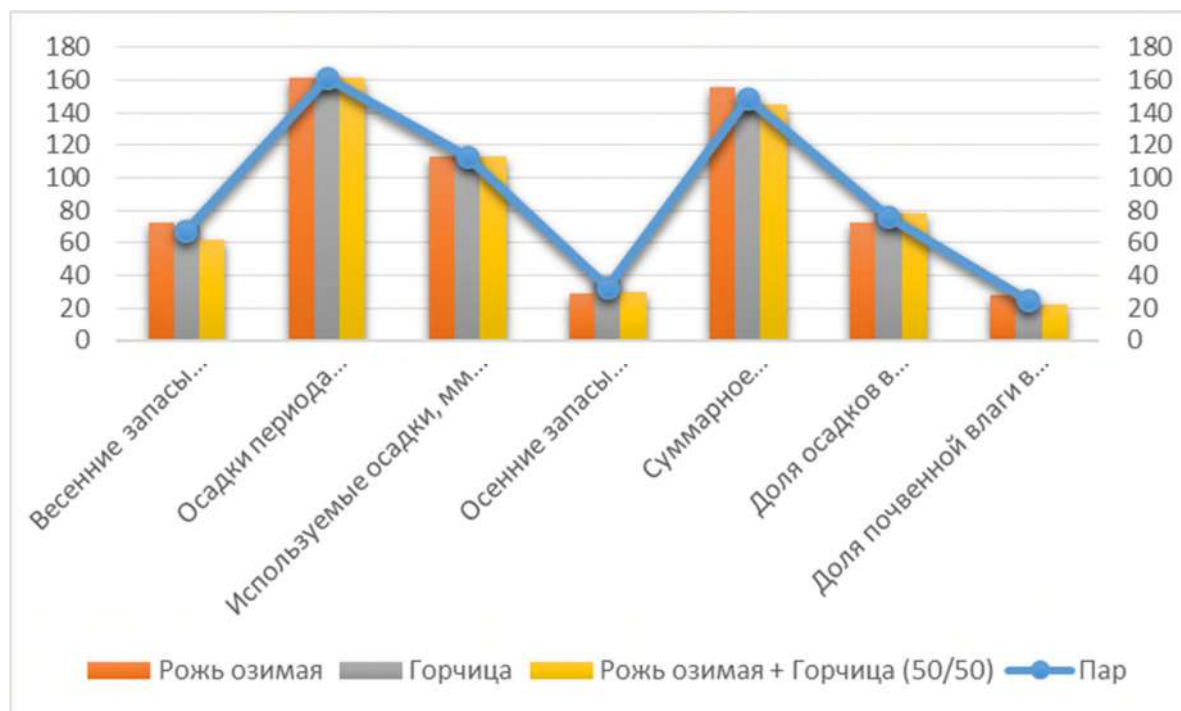


Рисунок 6 – Структура суммарного водопотребления
в посевах арбуза столового (в слое 0-60 см)

Figure 6 – Structure of total water consumption
in table watermelon crops (in a layer of 0-60 cm)

Высокая потенциальная засоренность почв в условиях зоны исследований, большая продолжительность вегетационного периода, обилие тепла и света способствуют развитию сорняков. Одним из эффективных приёмов борьбы с засорённостью посевов является применение в севообороте сидеральных культур. Бахчевые культуры особенно чувствительны к конкуренции сорняков. Результаты исследований показали высокий сороочищающий эффект в посевах арбуза столового. Наименьшее количество сорняков перед первой междурядной культивацией было в посевах арбуза столового по сидеральной культуре рожь озимая, что на 0,8-13,2 % меньше по сравнению с другими изучаемыми сидеральными культурами, аналогичные данные получены и перед второй культивацией, что позволяет утверждать о снижении сорной растительности в варианте по сидеральной культуры рожь озимая (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние сидеральных культур на засоренность посевов
арбуза столового в 2020 году

Table 2 – The effect of sidual crops on the contamination
of table watermelon crops in 2020

Предшественник	Перед первой культивацией		Перед второй культивацией	
	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²
Рожь озимая	45,2	12,1	4,8	2,8
Горчица	45,6	12,4	5,6	3,6
Рожь озимая + Горчица (50/50)	51,2	10,2	6,4	4,1

Выводы. По полученным результатам исследований видно, что в сухостепном Заволжье наибольшую пользу как сидеральная культура принесла рожь озимая. Перегнившие побеги и листва данного сидерата не только насыщают верхние слои почвы питательными веществами и гумусом, но и улучшают механический состав почвы, структурируя её.

Использование ржи озимой в качестве сидеральной культуры имеет свои преимущества. Конкурентом другим сидератам рожь озимую делает неприхотливость к качеству почвы.

Библиографический список

1. Айтемиров А. А., Бабаев Т. Т., Омаров Ф. Б. Что же такое сидераты? // Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов: материалы докладов VI Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием. 2018. С. 315-318.
2. Воронов С. И., Плескачев Ю. Н., Борисенко И. Б. Биологические, агрономические и технические подходы к обработке почвы. Волгоград: ВолГАУ. - 2020. 164 с.
3. Значение приемов повышения урожайности арбуза в развитии отрасли бахчеводства / Т. Г. Колебошина, Д. С. Шапошников, Н. Б. Рябчикова, Г. С. Егорова // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий. Волгоград, 2018. С. 52-58.
4. Карасева О. В., Салтунова О. В. Возделывание горчицы на сидерат в севообороте на осушаемых землях // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель: материалы Международной научно-практической конференции. ВНИИМЗ, 2017. С. 41-44.
5. Киреев А. К., Жусупбеков Е. К., Тыныбаев Н. К. Сидераты – малозатратный прием повышения плодородия почвы и урожайности возделываемых культур на богарных землях юго-востока Казахстана // АгроСнабфорум. 2018. № 8 (164). С. 60-62.
6. Колебошина Т. Г., Малуева С. В., Галичкина Е. А. Значение многолетних трав как оптимального предшественника под бахчевые культуры на богаре // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 121-125.
7. Колебошина Т. Г., Быковский Ю. А. Особенности агротехнологии бахчевых культур в зоне рискованного земледелия РФ // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (60). С. 123–129.
8. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.
9. Минченко Л. А. Проявление микробиологической активности светло-каштановых почв при биологизации сидератами // Актуальные исследования. 2021. № 44 (71). С. 28-30.
10. Приходько А. В. Сидераты – альтернативные органические удобрения в земледелии степного Крыма // Системы контроля окружающей среды – 2019: тезисы докладов Международной научно-технической конференции. 2019. С. 150-158.
11. Рудковский Е. Д., Пальчиков Е. В., Новикова Д. А. Сидераты как органическое удобрение в биологизации земледелия // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 164.
12. Структура почвы под сидератами в зависимости от способа основной обработки / Е. Г. Котлярова, И. А. Казанбеков, С. Д. Лицуков, А. И. Титовская // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее: материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. 2020. С. 13-14.
13. Research of development trends in the field of soil fertility restoration / A. V. Turyansky, E. G. Kotlyarova, S. D. Litsukov [et al.] // Ecology, Environment and Conservation. 2018. Vol. 24. No 3. P. 1048-1052.

Информация об авторах

Рябчикова Наталья Борисовна, научный сотрудник, Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, 11. E-mail: BBSOS34@yandex.ru

Егорова Галина Сергеевна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26E-mail: galina.egorova.2013@list.ru

Бочерова Ирина Николаевна, научный сотрудник, Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» 404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, 11. E-mail: BBSOS34@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-18

DEPENDENCE OF THE MORPHOLOGY OF AGRO-CHESTNUT SOILS OF THE DRY STEPPE ZONE ON THE MICRORELIEF

O. A. Gordienko, A. V. Kulik, M. R. Shaifullin

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

Received 04.07.2022

Submitted 02.12.2022

*The work was carried out within the framework of the state task No. FNFE-2022-0012
"Theoretical foundations of the erosion-hydrological process in catchment basins,
conceptual directions, ways and principles of creating highly efficient eco-friendly
control systems for this process in order to completely prevent soil erosion"*

Summary

The article presents the results of the study of soil cover of agricultural landscapes of Ilovinsky district of Volgograd region. The relationship between the morphological features of the studied s and the microrelief of the territory is established.

Abstract

Introduction. The relevance of studies of the soil cover of agrolandscapes is due to their spatial heterogeneity depending on the microrelief. The results obtained allow us to study in more detail the genesis of agrogen-transformed chestnut soils in the conditions of modern agro-landscape management in the dry-steppe zone. **Object.** The object of the study are the soils of two katens of agrolandscapes of Ilovinsky district of Volgograd region. **Materials and methods.** The study is based on field trips conducted in July-September 2021, during which 6 full-field transects were laid out in the study area. Soil identification and names were given in accordance with the 2008 Russian Soil Field Identifier and the WRB 2014 International Soil Classification (update-2015). The granulometric composition of soil horizons was determined under field conditions using the cord method. Results and conclusions. As a result of the research, the diversity and variegation of the soil cover of the study area was established.

Results and Conclusions. As a result of the studies, the relationship between the morphological features and the position of the soils relative to the microrelief was established. It has been revealed, that in the place of relief lowering under conditions of excessive moistening by melt and rain water there is soil leaching from carbonates on all profile thickness (up to 100 cm). In general, it is found that the soil cover of the studied agrolandscape is typical for this natural zone and is characterized by the presence of both slightly altered agro-castan types and agrogenic-transformed (accumulative-carbonate agro-soils). In conditions of weak leaching regime in elevated areas of relief solonchic subtypes of agrochestnut soils are widespread. As a result of conducted researches it was established that the thickness of agrohorizons varies from 29 to 50 cm. The thickness of modern tillage horizons averages 15 cm. The preserved xerometamorphic horizon BMK is recorded in 4 of the 6 studied sections. The upper boundary of the horizon of maximum accumulation of calcium carbonates varies from 35 to 70 cm depending on the position relative to the relief.

Key words: *agropedogenesis, chestnut soils, accumulative-carbonate agrozeims, agro-chestnut soils, microrelief, morphological diagnosis of soils, Calcic Kastanozems Aric.*

Citation. Gordienko O.A., Kulik A.V., Shaifullin M.R. Dependence of the morphology of agro-chestnut soils of the dry steppe zone on the microrelief. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 153-164 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-18.

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

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

УДК 631.41

ЗАВИСИМОСТЬ МОРФОЛОГИИ АГРОКАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ОТ МИКРОРЕЛЬЕФА

О. А. Гордиенко, младший научный сотрудник

А. В. Кулик, старший научный сотрудник

М. Р. Шайфуллин, инженер-исследователь

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

Дата поступления в редакцию 04.07.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Работа выполнена в рамках госзадания № FNFE-2022-0012

«Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса

на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы

создания высокоэффективных экологических систем

управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв».

Актуальность. Актуальность исследований почвенного покрова агроландшафтов обусловлена их пространственной неоднородностью в зависимости от микро рельефа. Полученные результаты позволяют более детально изучить особенности генезиса агрогенно-преобразованных каштановых почв в условиях современного агроприродопользования в сухостепной зоне. **Объектом** исследования являются почвы двух катен агроландшафтов Иловлинского района Волгоградской области. **Материалы и методы.** Исследование основано на проведенных в июле-сентябре 2021 г. полевых выездах, в ходе которых на территории исследуемого участка было заложено 6 полнопрофильных разрезов. Идентификация и названия почв даны в соответствии с полевым определителем почв России 2008 г. и международной классификацией почв WRB-2014 (update-2015). В полевых условиях определялся гранулометрический состав почвенных горизонтов методом шнура. **Результаты и выводы.** В результате исследований было установлено разнообразие и пестрота почвенного покрова исследуемого участка. В результате проведенных исследований была установлена зависимость между морфологическими особенностями и положением почв относительно микро рельефа. Выявлено, что в месте понижения рельефа в условиях избыточного увлажнения талыми и дождевыми водами происходит выщелачивание почв от карбонатов на всю мощность профиля (до 100 см). В целом установлено, что почвенный покров исследуемого агроландшафта является типичным для данной природной зоны и характеризуется наличием как слабо измененных агрокаштановых типов, так и агрогенно-преобразованных (агроземов аккумулятивно-карбонатных). В условиях слабого промывного режима на повышенных участках рельефа распространение получили солонцеватые подтипы агрокаштановых почв. В результате проведенных исследований установлено, что мощность агрогоризонтов варьирует от 29 до 50 см. Мощность горизонтов современной обработки почвы составляет в среднем 15 см. В 4 из 6 исследуемых разрезов фиксируется сохранившийся ксерометаморфический горизонт ВМК. Верхняя граница горизонта максимального накопления карбонатов кальция варьирует от 35 до 70 см в зависимости от положения относительно рельефа.

Ключевые слова: агропедогенез, каштановые почвы, агроземы аккумулятивно-карбонатные, микрорельеф почв, морфологическая диагностика почв, *Calcic Kastanozems Aric*.

Цитирование. Гордиенко О. А., Кулик А. В., Шайфуллин М. Р. Зависимость морфологии агрокаштановых почв сухостепной зоны от микрорельефа. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 153-164. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-18.

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. В условиях земледельческих ландшафтов степной и сухостепной зон западный микрорельеф, распространенный в геосистемах данного типа, оказывает весьма заметное влияние на почвообразование [1]. В отличие от климата, материнской породы и воды, рельеф не передает почве свои свойства и энергию, а лишь оказывает влияние на перераспределение тепла и влаги, интенсивность аккумулятивных и денудационных процессов, распространение того или иного типа растительности [16, 17, 19].

Ориентация склона относительно сторон света влияет на нагревание верхних слоев почвы. Так, среднегодовая температура почв склонов южной экспозиции на несколько градусов выше в сравнении с почвами северной экспозиции [12]. Характер микрорельефа сказывается на перераспределении атмосферных осадков. Так, снег и дождевая вода не задерживаются на склонах, а быстро перемещаются к подножию и в понижения [6, 7]. Скорость и степень перемещения осадков зависят от крутизны склона. В силу этого на возвышенностях формируются пересушенные почвы, а у самого подножия – переувлажненные, богатые органическим веществом, в которых происходит выщелачивание солей. Особенности микрорельефа сказываются на морфологии почв [11, 15].

Актуальность исследований о влиянии микрорельефа на морфологию почв обусловлена тем, что формируемые под этим влиянием различные типы и подтипы почв при их сельскохозяйственном освоении и использовании требуют к себе разных подходов и технологий хозяйственного использования, что в свою очередь влияет на проектируемые планы и схемы экономического освоения территории.

Цель исследований – изучить влияние микрорельефа на морфологические особенности почв агроландшафтов сухостепной зоны.

Объект исследования. Объектом исследования являлся почвенный покров ОПХ «Качалинское» Иловлинского района Волгоградской области. Территория расположена в междуречье рек Дон, Иловля и Волга в юго-западной оконечности Приволжской возвышенности. Рельеф пологоволнистый. Эрозионная расчлененность овражно-балочной сетью составляет 2-2,5 км/км², достигая местами 3 км/км². Крутизна склонов на всем исследуемом участке не превышает 1° [13].

Резко континентальный климат района характеризуется жарким сухим летом и холодной малоснежной зимой. Среднегодовое количество осадков – 385 мм. Из них на теплый период приходится около 170-230 мм, большая часть из которых выпадает в основном в летний период (до 70 %). Дожди имеют ливневый характер, способствуя развитию эрозии почв. Весной резкое повышение температуры воздуха приводит к интенсивному снеготаянию, протяженностью в среднем до 10-12 дней. В этот период

возможно появление пыльных бурь, возникающих на фоне агрогенного воздействия на почву, резкого повышения температуры воздуха, сильного иссушения верхнего слоя почвы и активной ветровой деятельности. Период со среднесуточной температурой более +15 °С длится около 128 дней (с первой декады мая по вторую декаду сентября). Сумма активных температур достигает 3000-3400 °С, что позволяет выращивать в этой зоне основные виды зерновых культур [10].

Естественная растительность распространена по балкам и представлена белопопынно-ромашниково-злаковой ассоциацией, состоящей из типчака, пырея, ковыля, костра безостого, мятлика луковичного, полыни белой, прутняка, тысячелистника, ромашника, шалфея и пр. [9].

Территория района расположена в зоне распространения каштановых почв в комплексе с квазиглееватыми подтипами, солонцами светлыми и светлогумусовыми. Большая часть естественных каштановых почв и их комплексов под влиянием сельскохозяйственного освоения трансформировалась в агрогенно-преобразованные. Распространение получили агроземы аккумулятивно-карбонатные, агрокаштановые почвы, а также агроземы глинисто-иллювиальные и агросолонцы [2, 4, 5, 8]. Почвообразующие породы на изучаемой территории представлены желто-бурыми суглинками.

Материалы и методы. Полевые исследования проведены в июле-сентябре 2021 г. В ходе работ на территории исследуемого участка были заложены 2 короткие почвенные катены протяженностью 400 и 600 м. Почвенные разрезы закладывались с учетом микро-рельфа (повышение-понижение-повышение) по 3 разреза на катену (рисунок 1).

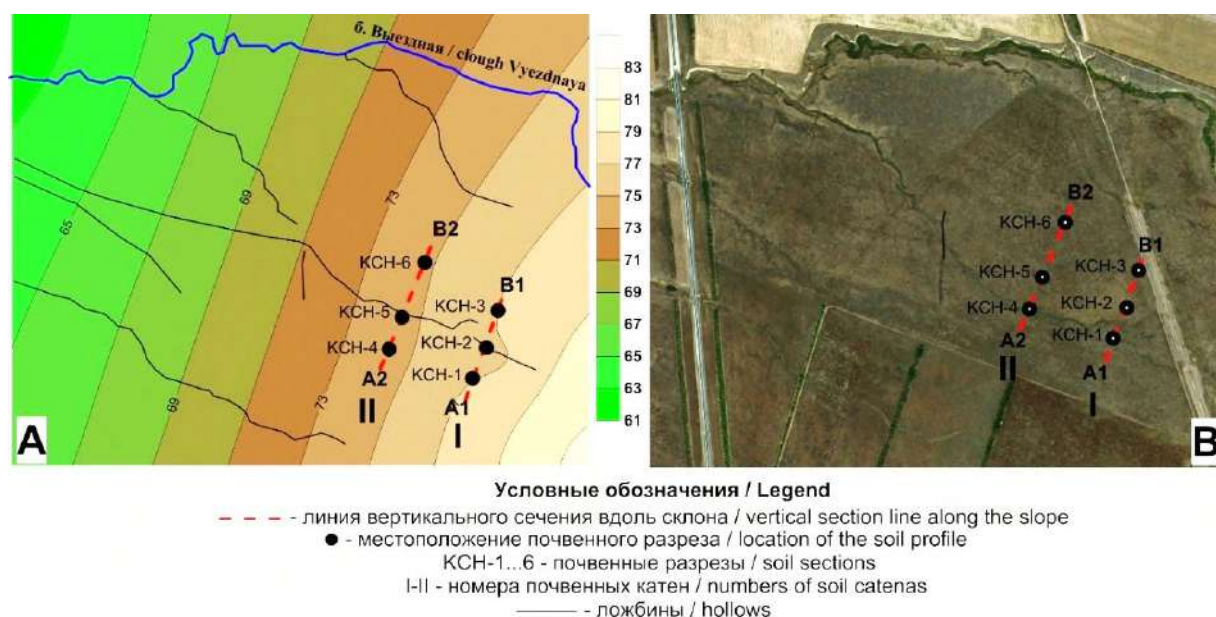


Рисунок 1 – Расположение катен на территории исследуемого участка ОПХ «Качалинское»

Figure 1 – Location of the katen in the study area of the experimental farm «Kachalinskoe»

Морфологическое исследование почв проводилось по общепринятым методикам [3], а названия были даны в соответствии с полевым определителем почв России 2008 г. с дополнениями 2021-2022 гг. [3, 14] и международной классификацией почв WRB-2014 (update-2015) [18]. Выбор в качестве идентификации типов и подтипов почв полевого определителя 2008 г. обусловлен тем, что в отличие от Классификации почв СССР 1977 г., в нем отражено все многообразие почвенных генетических горизонтов и при-

знаков, что дает полное представление о разнообразии почвенных горизонтов и признаков на сравнительно малой территории. Гранулометрический состав почв определялся по горизонтам в полевых условиях методом шнура [18].

Результаты и обсуждение. Морфологические особенности исследуемых почвенных разрезов, как и микрорельеф территории агроландшафта в целом, отличаются пестротой.

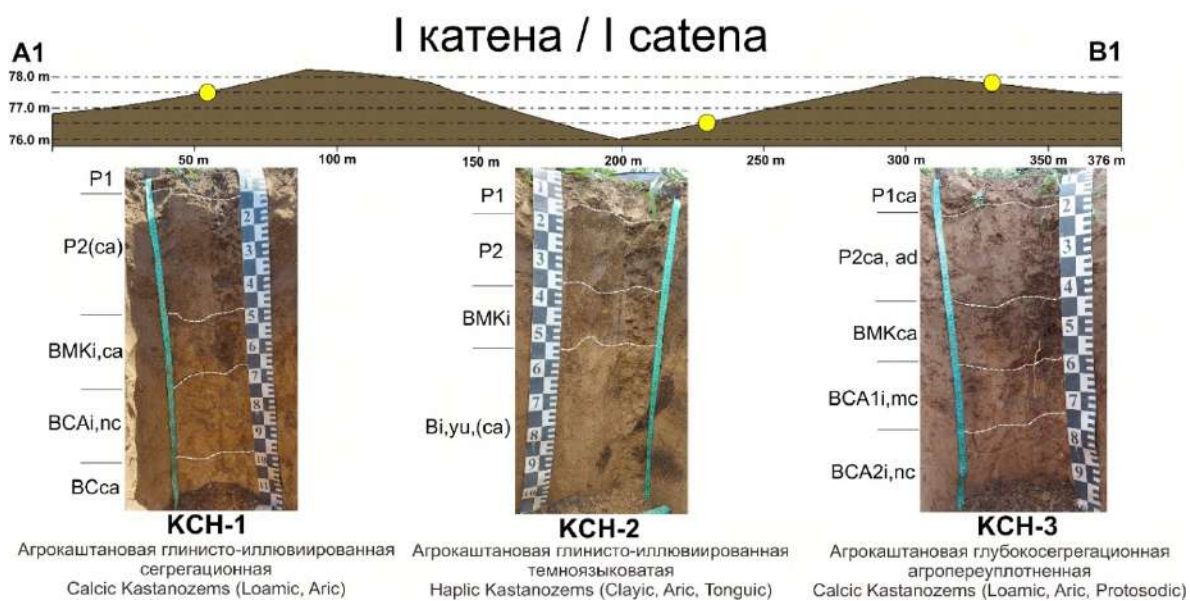


Рисунок 2 – Почвенные разрезы первой катены

Figure 2 – Soil sections of the first catenary

В пределах I катены (рисунок 2) разрезы располагались на удалении от 120 до 150 м друг от друга. При этом перепад высот не превышал 1 м. Разрез КСН-1 находится в 66 м от проселочной дороги. С поверхности почвенный профиль представлен агрогумусовым горизонтом Р общей мощностью 50 см, разделяющимся по плотности на два подгоризонта. Первый Р1 мощностью 15 см рыхлый, бесструктурный, гранулометрический состав характеризуется как опесчаненный средний суглинок. Вскипание от кислоты не отмечено. Новообразования представлены корнями растений, ходами насекомых, а также наличием корневых «бус». Переход к нижележащему горизонту Р2(са) (15-50) резкий по плотности с ровной границей. Для Р2(са) характерно локальное вскипание от кислоты, комковатая структура, уплотненное сложение, а также среднесуглинистая текстура. Новообразования аналогичны горизонту Р1. Переход по цвету постепенный, граница волнистая. С 50 до 70 см выделен ксерометаморфический горизонт ВМКi (са). Структура горизонта имеет два порядка: первый – уплощенные призматические отдельности, второй – ореховатые. На вертикальных гранях фиксируются гумусоглинистые кутаны иллювиирования (признак i) темного цвета (рисунок 3А). Вскипание локальное, новообразования представлены корнями растений, ходами насекомых. Переход заметный по цвету и плотности, граница волнистая. Ниже ВМКi (са) залегает аккумулятивно-карбонатный горизонт ВСАi, nc (70-100) крупно-призматической структуры, на боковых гранях которых фиксируются гумусово-глинистые кутаны. Вскипание бурное. Карбонаты представлены крупной (1-2 см) белоглазкой, которая приурочена к бывшим педотубулам. Горизонт плотный, среднесуглинистой текстуры. Переход

резкий по плотности, граница волнистая. С 100 до 122 см выделен переходный к почвообразующей породе недиагностический горизонт ВСса глыбистой структуры, плотного сложения с единичной белоглазкой. Название почвы по ПО-2008 – агрокаштановая глинисто-иллювирированная сегрегационная легкосуглинистая на желто-бурых суглинках; по WRB-2015 – Calcic Kastanozems (Loamic, Aric).

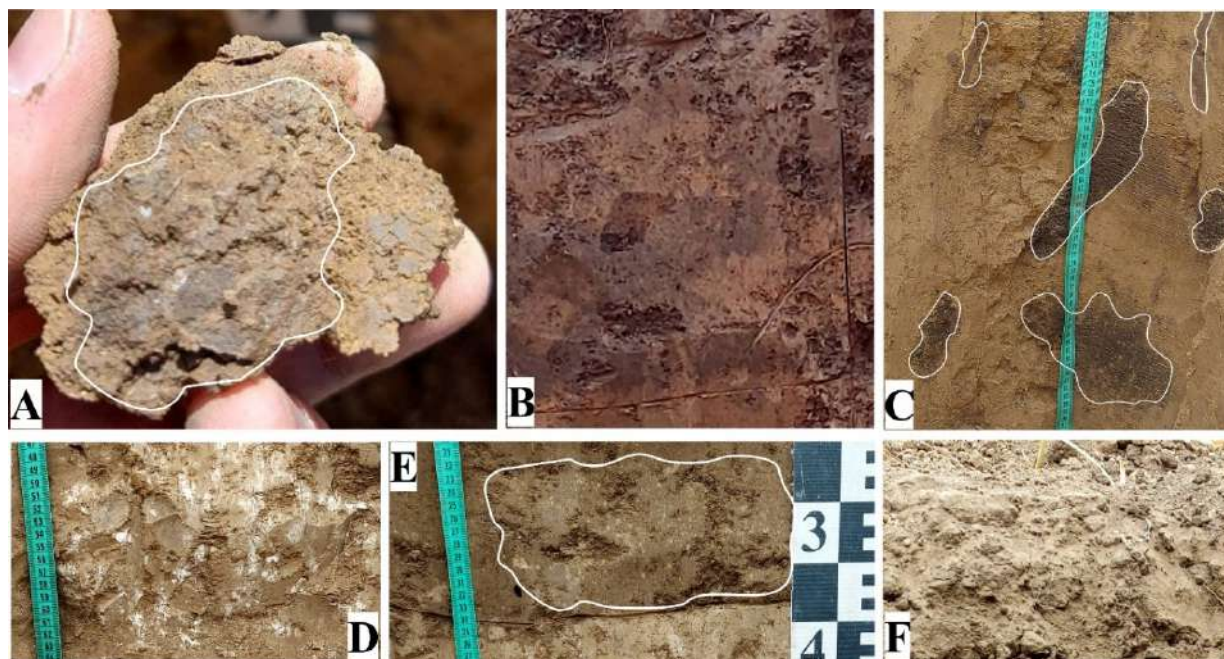


Рисунок 3– Морфологические особенности почв, исследуемых катен
А – тонкие серые гумусо-глинистые кутаны на ореховатых структурах ксерометаморфического горизонта разрезов КСН-1 и КСН-2, В – агрогоризонт с припаханными фрагментами горизонта Вi,yu разреза КСН-5, С – темные языки заполненные материалом агрогоризонтов (разрез КСН-2), D – крупная белоглазка в аккумулятивно-карбонатном горизонте разреза КСН-6, E – крупные морфоны припаханного карбонатного горизонта, F – структурное состояние современных агрогоризонтов

Figure 3 – Morphological features of soils, studied katen
A – thin gray humusy-clayey cutans on the nutty structures of the xerometamorphic horizon of sections KCH-1 and KCH-2, B – agrohorizon with ploughed fragments of the Bi,yu horizon of section KCH-5, C – dark tongues filled with the material of the agrohorizon (section KCH-2), D – large white eyes in the accumulative-carbonate horizon of the KCH-6 section, E, large morphones of the plowed carbonate horizon, F – structural state of modern agrohorizons

Разрез КСН-2 заложен в 120 м от разреза КСН-1 в микропонижении. Верхний 11 см корковый агрогоризонт P1akl рыхлого сложения бесструктурный среднесуглинистого гранулометрического состава. С 10 до 32 см выделяется второй агрогоризонт P2. Для него характерна комковатая структура, новообразования в виде «корневых бус», а также большое количество ходов насекомых. Оба горизонта не вскипают от кислоты. Переходы заметные по цвету и плотности, границы ровные. Ниже агрогоризонтов залегают ксерометаморфический ВМКi мощностью 16 см. Для горизонта отмечено наличие тонких гумусо-глинистых кутан, приуроченных к вертикальным стенкам призматических отдельностей. Гранулометрический состав – тяжелосуглинистый. С 47 до 102 см

выделен горизонт $B_{i,yu,(ca)}$ крупно-призматической структуры, разделяющейся при разламывании на ореховатые отдельности. В правой части профиля с 47 до 90 см фиксируется крупный (5-7 см в диаметре) ход животного с заполненным материалом гумусовых горизонтов (признак yu) (рисунок 3С). Вскипание в горизонте фрагментарное и приурочено к порам и педотубулам. Название почвы по ПО-2008 – агрокаштановая глинисто-иллювирированная темная языковатая тяжелосуглинистая на желто-бурых суглинках; по WRB-2015 – *Haplic Kastanozems* (Clayic, Aric, Tonguic).

Разрез КСН-3 заложен в 150 м к северу от разреза КСН-2. Морфологически разрез схож с предыдущими, однако он отличается вскипанием с поверхности вплоть до 40 см, а также наличием признаков солонцевания, наложенных на ксерометаморфический горизонт. С поверхности и до 40 см выделены плотные, глыбистые агрогоризонты $P1_{ca}$ и $P2_{ca,ad}$, ниже которых расположен горизонт ВМК плотного сложения призматической структуры с тонкими редкими гумусо-глинистыми кутанами приуроченными к граням структурных призматических отдельностей. Кутаны темнее основной внутренней части горизонта. Под ксерометаморфическим горизонтом расположен аккумулятивно-карбонатный, разделенный нами на два подгоризонта $BCA1_{i,mc}$ и $BCA2_{i,nc}$. Первый с редкими кутанами и карбонатными новообразованиями в виде мицелия, приуроченного к порам и бывшим ходам насекомых. Второй отличается наличием крупных форм белоглазки диаметром до 2 см. Название почвы по ПО-2008 – агрокаштановая солонцеватая глубокосегрегационная суглинистая на желто-бурых суглинках; по WRB-2015 – *Calcic Kastanozems* (Loamic, Aric, Protosodic).

Почвы первой катены морфологически имеют как сходные, так и отличительные особенности. Так, общим является наличие достаточно мощного (30-50 см) агрогоризонта. Во всех исследуемых разрезах горизонт был подразделен на два подгоризонта. Первый, мощностью от 10 до 15 см, образовался в результате современной обработки почвы, за счет чего имеет глыбистое и бесструктурное состояние (рисунок. 3F). Для верхних агрогоризонтов первых двух разрезов не характерно вскипание от кислоты, исключением является разрез КСН-3, в котором фиксируется сплошное вскипание вплоть до 40 см. В разрезе КСН-1 вскипание носит локальный характер. Агрогоризонты разреза КСН-2 не вскипают за счет аккумуляции талых и дождевых вод, способствующих глубокому промачиванию и выщелачиванию карбонатов кальция. Особый водный режим отразился на форме карбонатных новообразований аккумулятивно-карбонатного горизонта, для которого, в отличие от других, отмечается наличие только мицелярных форм. Во всех разрезах сохранился главный диагностический горизонт каштановых почв – ксерометаморфический (ВМК), благодаря чему они классифицируются как агрокаштановые. Для ВМК характерна призматическая структура, иногда уплощенная, а также наличие темных гумусо-глинистых кутан на гранях структурных отдельностей. В целом эти горизонты лишены карбонатов и не вступают в реакцию с кислотой. Вскипание отмечено лишь в разрезе КСН-1 за счет расположения ниже сегрегационного аккумулятивно-карбонатного горизонта и подтягивания почвенных растворов из него в результате процесса промачивания и иссушения.

Вторая катена орографически существенно отличается от первой. Средняя разница высот между первой и второй катенами составляет 2,5 м (max – 3,5 м, min – 1 м) (рисунок 4). Разница высот отразилась на морфологических особенностях почв. Разрез КСН-4, также заложенный в 66 м от проселочной дороги на высоте 74,2 м над ур. м, характеризуется наличием двух агрогоризонтов $P1_{ca}$ и $P2_{ca,pb}$ общей мощностью 35

см. Оба подгоризонта вскипают с поверхности и имеют глыбистую структуру. Особенности горизонта P2ca,pb заключаются в наличии крупных морфонов припаханных фрагментов нижележащего карбонатного горизонта BCAi,nc (35 до 72 см) (рисунок 3Е). Горизонт имеет сложную структуру нескольких порядков: первый – крупные призмы, которые при физическом воздействии распадаются на более мелкие; второй – ореховатые отдельности, грани призм покрыты тонкими серыми кутанами. Ниже аккумулятивно-карбонатного горизонта до глубины 90 см выделен глыбистый переходный горизонт к почвообразующей породе BCca. Название почвы по ПО-2008 – агрозем аккумулятивно-карбонатный агроэродированный сегрегационный легкосуглинистый на желто-бурых суглинках, по WRB-2015 – Eutric Calcaric Cambisols (Loamic, Aric, Protocalcic, Densic). Небольшая мощность агрогоризонта, а также цветовые и структурные характеристики не позволили идентифицировать почву как Kastanozems, наиболее подходящая реферативно-почвенная группа для данной почвы – Cambisols.

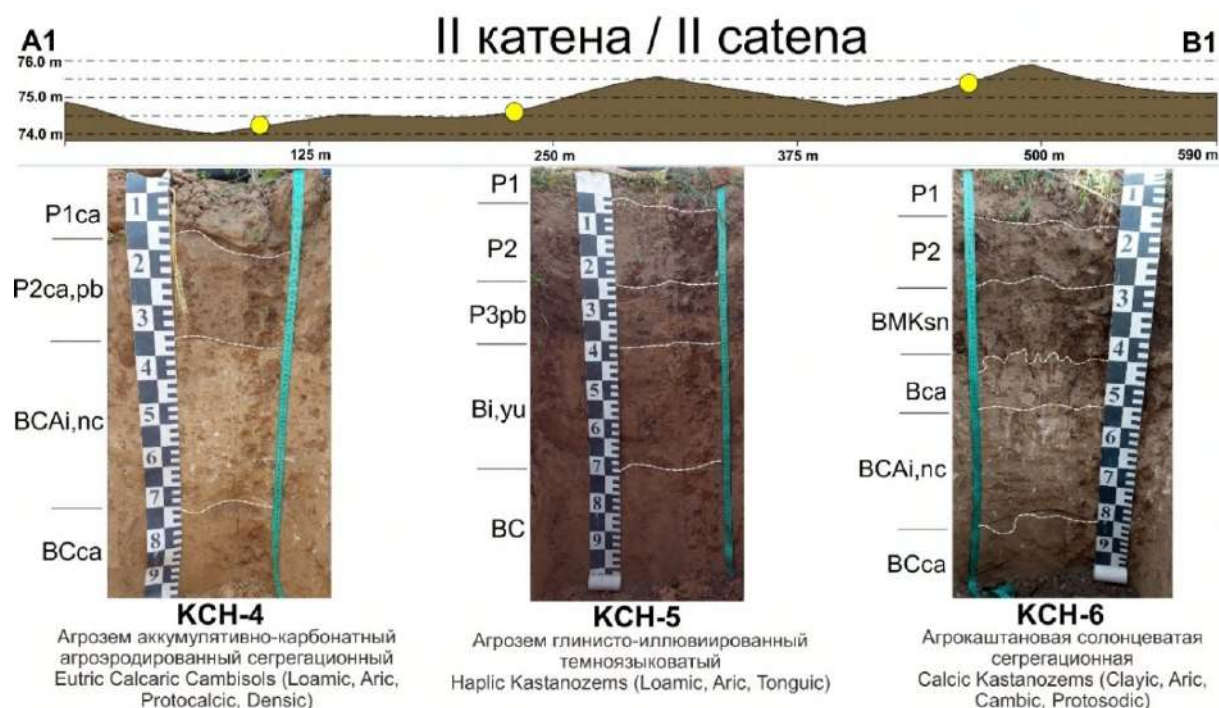


Рисунок 4 – Почвенные разрезы второй катены

Figure 4 – Soil sections of the second catenary

Разрез KCH-5 находится в ложбине на высоте 74,6 м над ур. м и имеет более темную окраску всех горизонтов за счет лучшего промачивания почвенной толщи, а также выщелачивания карбонатов на всю мощность вскрытого профиля. За счет более высокого положения относительно предыдущего разреза мощность аргумусового горизонта выше и составляет 40 см. Отличительной особенностью данного разреза является наличие трех агрогоризонтов. Верхние 9 см представлены современным агрообрабатываемым горизонтом P1 крупноглыбистой структуры. Ниже до глубины 26 см выделен второй горизонт P2 более плотного сложения с массивной глыбистой структурой. С 26 до 42 см фиксируется агрогоризонт P3pb с хорошо различающимися припаханными морфонами недиагностического горизонта Bi,yu (рисунок 3В). Морфоны утратили естественную структуру и в настоящее время, как и горизонт в целом, имеют непроч-

ную глыбистую структуру. Начиная с 42 см выделен горизонт $V_{i,yu}$. Он имеет очень плотное сложение, а также крупнопризматическую структуру, на гранях которой имеются тонкие темно-серые кутаны. Горизонт весь пронизан узкими темными языками и трещинами, заполненными материалом вышележащего агрогумусового горизонта. Горизонт сменяется переходным к почвообразующей породе слоем ВС глыбистой структуры с небольшими гумусовыми затеками. Название почвы по ПО-2008 – агрозем глинисто-иллювирированный темно-языковатый среднесуглинистый на желто-бурых суглинках; по WRB-2015 – *Haplic Kastanozems* (Loamic, Aric, Tonguic).

В 230 м к северо-востоку от предыдущего профиля заложен почвенный разрез КСН-6, относительная высота которого над уровнем моря составляет 75,4 м. Как и в случае разреза КСН-3 первой катены, на повышенных участках рельефа в условиях слабо промывного водного режима образовались солонцовые почвы. Об этом свидетельствует выщелачивание верхних 46 см почвенного профиля, а также бесструктурное состояние современных и бывших агрогоризонтов, а также характерный для солонцовых почв белесый оттенок. Ниже выделен плотный горизонт BMK_{sn} каштанового цвета столбчатой структуры. Кутаны серые не сплошные темнее внутрипочвенной массы. С 46 до 54 см выделен недиагностический горизонт V_{ca} непрочно призматической структуры. Горизонт максимальной аккумуляции вторичных карбонатов $BCA_{i,nc}$ (54-85) очень плотного сложения, крупно призматической структуры при физическом воздействии призмы распадаются на ореховатые отдельности. Новообразования в виде белоглазки крупные диаметром до 3 см (рисунок 3D). Горизонт имеет тонкие редкие серые кутаны на гранях призматических структур. Название почвы по ПО-2008 – агрокаштановая солонцеватая сегрегационная среднесуглинистая на желто-бурых суглинках, по WRB-2015 – *Calcic Kastanozems* (Clayic, Aric, Cambic, Protosodic).

Для почв второй катены характерны меньшие значения мощности агрогоризонтов. Так, средняя мощность пахотных горизонтов равна 34 см (min – 29, max – 40). Отличительной особенностью является наличие в нижних пахотных слоях крупных различимых морфонов карбонатных и срединных (В) горизонтов (признак pb), что при одинаковой обработке почвы свидетельствует об изначально меньших мощностях верхних природных горизонтов. Территория Иловлинского района характеризуется пестротой почвенного покрова, в результате чего даже на небольшой по протяженности катене обнаружены комплексные почвы, представленные солонцеватыми подтипа агрокаштановых почв (разрез КСН-6), в которых проявляются процессы осолонцевания в виде столбчатой структуры ксерометаморфического горизонта BMK_{sn} . Карбонатные горизонты, за исключением разреза КСН-5, характеризуются ярко выраженной педогенной аккумуляцией карбонатов кальция (белоглазка).

Почвы первой и второй катен морфологически схожи, но имеют ряд особенностей (таблица 1). Среди элементарных почвенных процессов (ЭПП) протекающих в исследуемых почвах общими являются глинисто-иллювирированный (наличие тонких кутан), а также агротурбация (механическое перемешивание почвы). Отличительной особенностью почв на возвышенных участках рельефа является процессы окарбоначивания и осолонцевания, тогда как в понижениях происходит обратный процесс – выщелачивание.

Морфологически общим для всех изученных разрезов является наличие достаточно мощного агрогоризонта мощностью от 29 до 50 см. В настоящий момент исходя из морфологического описания мощность современной обработки почвы составляет в сред-

нем 15 см (min – 10, max – 17). В 4 из 6 исследуемых разрезов фиксируется сохранившийся ксерометаморфический горизонт, мощность которого варьирует от 13 до 20 см. Горизонты ВМК первой катены, как правило, имеют тонкие серые кутаны и сплошное вскипание от кислоты. Для горизонтов второй катены в условиях пониженного рельефа присуще наложение солонцеватого признака sn за счет чего горизонты приобретают более темный цвет, характерный блеск, а также тенденцию к столбчатости структуры. Почвенные разрезы микропонижений отличаются наличием после ВМК недиагностического горизонта В. Горизонт отличается большой мощностью (до 55 см), отсутствием вскипания, а также наличием темно-серых гумусо-глинистых кутан и языков, проходящих через весь горизонт. Верхняя граница горизонта максимального накопления карбонатов кальция варьирует от 35 до 70 см в зависимости от положения относительно рельефа. Для него характерна наличие крупных сегрегационных форма карбонатных новообразований в виде белоглазки диаметром до 3 см, а также тонких и не сплошных кутан, приуроченных к вертикальным граням призматических отдельностей.

Таблица 1 – Основные элементарные почвообразовательные процессы почв, исследуемых катен

Table 1 – Main elementary soil-forming processes of the soils studied katens

№ раз- реза	Мощность гор. Р, см	Верхняя грани- ца гор. ВСА, см	Верхняя граница вскипания от HCl, см	Высота над уров- нем моря, м	ЭПП
I катена					
КСН-1	50	70	52	77,5	окарбоначивание
КСН-2	32	-	46	76,5	выщелачивание, биотурбация
КСН-3	40	56	0	77,7	окарбоначивание
II катена					
КСН-4	35	35	0	74,2	окарбоначивание
КСН-5	40	-	-	74,6	выщелачивание
КСН-6	29	54	45	75,4	осолонцевание

Выводы. В целом почвенный покров исследуемого агроландшафта типичен для данной природной зоны и характеризуется наличием как слабо измененных агрокаштановых типов, так и агрогенно-преобразованных (агроземов аккумулятивно-карбонатных). В условиях слабого промывного режима на повышенных участках рельефа распространение получили солонцеватые подтипы агрокаштановых почв.

Мощность агрогоризонтов варьирует от 29 до 50 см. В настоящее время мощность современной обработки почвы составляет в среднем 15 см. В большинстве исследуемых разрезах сохранился главный диагностический горизонт каштановых почв и их агровариантов – ксерометаморфический горизонт, мощность которого варьирует от 13 до 20 см. Верхняя граница карбонатного горизонта варьирует от 35 до 70 см в зависимости от положения относительно рельефа.

В результате проведенных исследований была установлена зависимость между морфологическими характеристиками и положением почвы относительно микрорельефа. В местах пониженного рельефа в условиях избыточного увлажнения талыми и дождевыми водами происходит выщелачивание почв на всю мощность вскрытого профиля (до 100 см), а также утяжеление гранулометрического состава.

Таким образом, при изучении почвенного покрова той или иной территории важно учитывать ее геоморфологические особенности не только макро- и мезоуровня, но и рельеф микроуровня, в силу того что он сказывается на процессах почвообразования, в особенности на перераспределении энергии и вещества, что приводит к формированию неоднородного по своим свойствам почвенного покрова.

Полученные результаты позволяют более детально изучить особенности генезиса агрогенно-преобразованных каштановых почв сухостепной природной зоны в условиях изменяющегося микрорельефа.

Библиографический список

1. Беляков А. М. Типизация пашни в агроландшафтах Волгоградской области // Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 1 (86). С. 119-126.
2. Васильченко Н. И., Звягин Г. А. Проявление агрогенной трансформации в почвах сухостепной зоны Республики Казахстан // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 1 (29). С. 6-15.
3. Герасимова М. И. Классификация почв России: путь к следующей версии // Почвоведение. 2019. № 1. С. 32-42.
4. Горохова И. Н., Хитров Н. Б., Кравченко Е. И. Изменение засоленности орошаемых почв участка Червленое за четверть века (Волгоградская область) // Почвоведение. 2020. № 4. С. 463-472.
5. Горохова И. Н., Хитров Н. Б., Прокопьева К. О., Харланов В. А. Почвенный покров Светлоярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий // Почвоведение. 2018. № 8. С. 1033-1044.
6. Жидкин А. П., Комиссаров М. А. Эрозионно-аккумулятивные микроструктуры почвенного покрова в лесостепной зоне Предуралья Республики Башкортостан // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (53). С. 12-20.
7. Комиссарова И. В., Мирошниченко Н. В., Человечкова А. В. Изменение морфологических свойств почв на участках с разной крутизной // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 2 (26). С. 35-37.
8. Любимова И. Н., Новикова А. Ф. Влияние различных антропогенных воздействий на изменение почв солонцовых комплексов сухостепной зоны // Почвоведение. 2016. № 5. С. 633-643.
9. Пугачева А. М. Климатические флуктуации сухих степей и их роль в процессе демуляции // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 3 (84). С. 14-22.
10. Сажин А. Н., Судаков А. В. Почвенно-климатический потенциал развития зернопроизводства в Нижнем Поволжье // География и природные ресурсы. 2013. № 4. С. 84-93.
11. Сапрыкин О. И., Конарбаева Г. А., Смоленцев Б. А. Сравнительная характеристика агрохимических свойств почв в агроландшафтах с западным микрорельефом // Агрохимия. 2020. № 10. С. 15-19.
12. Соколова Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. 2016. Т. 2. № 3. С. 34-45.
13. Тубалов А. А. Картографирование современной пространственной структуры агроландшафтов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 136-145.
14. Хитров Н. Б., Герасимова М. И. Диагностические горизонты в классификации почв России: версия 2021 г // Почвоведение. 2021. № 8. С. 899-910.
15. Alijani Z., Sarmadian F. The role of topography in changing of soil carbonate content // Indian J. Sci. Res. 2014. № 6. P. 263-271.
16. Balasubramanian A. Soil Forming Processers // Technical Report. 2017. P. 1-10.

17. Effects of topography and land use on soil characteristics along the toposequence of Ele watershed in Southern Ethiopia / D. Dessalegn, S. Beyene, N. Ram, F. L. Walley, T. S. Gala // Catena. 2014. № 115. P. 47-54.

18. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps // IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. World Soil Resources Reports. Rome. FAO. No 106. 192 p.

19. Tripathy B., Raha S. Formation of soil // Thematics Journal of Geography. 2019. № 8. P. 144-150.

Информация об авторах

Гордиенко Олег Андреевич, младший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», 400062, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97, e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru

Кулик Анастасия Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», 400062, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97, e-mail: anastasiya-kulik@yandex.ru

Шайфуллин Максим Рафаэлевич, инженер-исследователь лаборатории защиты почв от эрозии ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН», 400062, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97, e-mail: anastasiya-shafulin-mr@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-19

THE EFFECTIVENESS OF FOLIAR TREATMENTS WITH GROWTH REGULATORS IN INCREASING THE PRODUCTIVITY OF TABLE WATERMELON ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE NORTH CASPIAN REGION

A. S. Dyakov, S. V. Zaitsev

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region*

Received 30.09.2022

Submitted 30.11.2022

Summary

This article shows the effectiveness of treatments with growth stimulants (regulators) for vegetative plants of table watermelon variety «Producer» and hybrid «Tiv-Tam F1» on light chestnut soils of the Northern Caspian region. From the data obtained, it can be seen that their use has a positive effect on growth processes and productivity.

Abstract

Introduction. Watermelon is one of the most demanded and widely cultivated gourds. The main, well-known factors affecting the yield of melons and gourds are mineral nutrition and water regime, but in modern conditions, the use of growth regulators (stimulators) becomes the most promising. The use of regulators (growth stimulants) contributes to the creation of the most favorable conditions for growth and development and makes it possible to smooth out negative environmental factors, which is especially important in the conditions of the sharply continental climate of the Northern Caspian Sea. **Object.** The variety of table watermelon «Producer» and hybrid of Israeli selection «Tiv-Tam F1». **Materials and methods.** Studies on the effect of various growth-regulating drugs, such as Epin-Extra, Immunocytofit, Nikfan and Potassium Humate, when applied foliarly on the growth, development and productivity of table watermelon, were carried out on experimental fields of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian

Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** As a result of field studies, it was found that all growth regulators tested in the experiment have a positive effect on the growth, development and productivity of table watermelon and can be used in its cultivation. It was noted that the maximum length of the main lash - 3.71 m in the Tiv-Tam F1 hybrid was formed on the variant with Nikfan treatment, and in the variety Producer on the variant with Epin-Extra - 3.56 m. The maximum average length of the side lashes was also noted on these options. Leaf treatments also had a significant impact on the formation of the number of main lashes, increasing their number in the Tiv-Tam F1 hybrid on the variants: Epin-Extra up to 5.3 pcs., Nikfan and Potassium Humat up to 5.2 pcs., and in the variety Producer on the variant with Immuno-cytophyte up to 5.3 pcs. The treatments also contributed to an increase in the average number of fruits per plant, their weight and diameter. The yield of the variety and hybrid studied in the experiment in all variants with foliar application of various growth regulators increased relative to the control on average over the years of study in the Tiv-Tam F1 hybrid from 10.8 t/ha in the variant with Epin-Extra to 51.7 t / ha in the variant with Nikfan, and in the variety Producer from 29.7 t/ha in the variant with Potassium Humate to 56.0 t/ha in the variant with Immunocytophyte.

Key words: *watermelon, growth regulators (stimulants), foliar treatments, drip irrigation, productivity.*

Citation. Dyakov A.S., Zaitsev S.V. The effectiveness of foliar treatments with growth regulators in increasing the productivity of table watermelon on light chestnut soils of the North Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 165-173 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-19.

Author,s contribution. All authors of the study were directly involved in the implementation and analysis of this experiment. The authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflicts of interest.

УДК 635.615: 631.547.03

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ АРБУЗА СТОЛОВОГО НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

А. С. Дьяков, младший научный сотрудник

С. В. Зайцев, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН

Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 30.11..2022

Актуальность. Арбуз является одной из наиболее востребованных и широко возделываемых бахчевых культур. Основными общеизвестными факторами воздействия на урожайность бахчевых культур являются минеральное питание и водный режим, но в современных условиях наиболее перспективным становится применение регуляторов (стимуляторов) роста. Их применение способствует созданию наиболее благоприятных условий для роста и развития и дает возможность сглаживать влияние отрицательных факторов среды, что особенно актуально в условиях резко континентального климата Северного Прикаспия. **Объектами** исследования являлись сорт арбуза столового Продюсер и гибрид израильской селекции Тив-Тав F1. **Материалы и методы.** Исследования по изучению влияния различных регулирующих рост препаратов, таких как Эпин-Экстра, Иммуноцитифит, Никфан и Гумат калия, при их некорневом применении на рост, развитие и продуктивность арбуза

столового проводились на опытных полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» согласно общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** В результате проведенных полевых исследований установлено, что все испытываемые в опыте регуляторы роста положительно влияют на рост, развитие и продуктивность столового арбуза и могут использоваться при его возделывании. Отмечено, что максимальная длина главной плети – 3,71 м – у гибрида Тив-Там F₁ формировалась на варианте с обработкой Никфан, а у сорта Продюсер на варианте с Эпин-Экстра – 3,56 м. Максимальная средняя длина боковых плетей также отмечалась на данных вариантах. Листовые обработки также оказывали существенное влияние на формирование числа основных плетей, повышая их количество у гибрида Тив-Там F₁ на вариантах: Эпин-Экстра до 5,3 шт., Никфан и Гумат калия – до 5,2 шт., а у сорта Продюсер на варианте с Иммуноцитифит – до 5,3 шт. Обработки способствовали также увеличению среднего количества плодов на одном растении, их массы и диаметра. Урожайность изучаемых в опыте сорта и гибрида на всех вариантах с некорневым применением различных регуляторов роста повышалась относительно контроля в среднем за годы изучения у гибрида Тив-Там F₁ от 10,8 т/га на варианте с Эпин-Экстра до 51,7 т/га на варианте с Никфан, а у сорта Продюсер – от 29,7 т/га на варианте с Гумат калия до 56,0 т/га на варианте с Иммуноцитифит.

Ключевые слова: *арбуз столовый, регуляторы роста растений, некорневые обработки, капельное орошение арбуза, урожайность арбуза столового.*

Цитирование. Дьяков А. С., Зайцев С. В. Эффективность внекорневых обработок регуляторами роста в повышении продуктивности арбуза столового на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 165-173. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-19.

Авторский вклад. Все авторы исследования принимали непосредственное участие в выполнении и анализе данного эксперимента. Авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Бахчевые культуры в нашей стране получили широкое распространение и пользуются хорошим спросом у населения [1]. Основные площади под бахчевые культуры сосредоточены главным образом на юго-востоке, что обусловлено климатическими условиями.

Засухоустойчивость и отзывчивость на орошение делают арбуз преобладающей культурой среди бахчевых культур, которая занимает около 70 % площадей. Производство арбуза достаточно трудоёмко (большая доля ручного труда) и высокочувствительно при сравнительно невысокой урожайности [3, 14].

Одной из основных задач в современном бахчеводстве является повышение урожайности и товарного выхода экологически чистой продукции при снижении затрат на возделывание бахчевых культур [2, 6, 7, 13].

В современных условиях для агропромышленного комплекса особенно актуальным является применение регуляторов (стимуляторов) роста, которые положительно влияют на рост, развитие и продуктивность растений [2, 3, 9-11].

Регуляторы роста растений становятся существенной частью интенсивных технологий выращивания основных сельскохозяйственных культур. Перспективность их широкого применения определяется низкими нормами расхода и возможностью контролировать формирование продуктивности и качества растений [3-5]. Их действие основывается на управлении процессами роста и развития растений. При этом, если использовать удобрения и создавать высокую агротехнику, можно повысить эффектив-

ность применения регуляторов роста и улучшить образование природных ростовых веществ. Разработаны регуляторы роста растений, обладающие широким спектром физиологической активности, безопасные для человека и окружающей среды [3, 8, 10, 12].

Цель исследования – изучить влияние современных регуляторов роста на рост, развитие, продуктивность и качество плодов арбуза столового при капельном орошении на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия.

Материалы и методы. Исследования проводились 2021-2022 годах на базе ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенного во втором агроклиматическом районе Астраханской области, близкому по условиям к полупустыням. Опытный участок расположен в 1,5 км от села Соленое Займище. Закладка полевых опытов, наблюдения и учеты проводились согласно общепринятым методикам.

Опыт заключается в изучении влияния различных листовых обработок различными регуляторами (стимуляторами) роста природного происхождения Эпин-Экстра, Иммуноцитофит, Никфан, Гумат калия (фактор В) на продуктивность арбуза столового сорта Продюсер и гибрида Тив-Там F₁ (фактор А) при возделывании на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия.

Эпин Экстра и Иммуноцитофит представляют собой биопрепараты, Никфан и Гумат калия являются биоудобрениями. Все используемые в опыте препараты обладают свойствами регуляторов роста и адаптогенов растений, а также проявляют антистрессовую активность.

Изучение сорта и гибрида арбуза столового проводилось в двухфакторном полевом опыте в четырехкратной повторности (размещение делянок систематическое) на опытном участке с капельным орошением площадью 4000 м², каждый сорт занимал 2000 м², площадь опытной делянки под каждой обработкой 100 м², площадь учетной делянки 25 м².

Почвы места закладки опытов светло-каштановые, карбонатные, мощные и среднемощные, легкосуглинистого состава. Содержание гумуса низкое – 0,86...0,90 %. Содержание нитратного азота в почве – 3,0...4,9 мг/кг, аммонийного азота – 5,20...5,25 мг/кг, подвижного фосфора в слое 0-20 см – 28,5 мг/кг, в слое 20-50 см – 20,5 мг/кг, массовая доля подвижных соединений калия очень высокая от 265,0 мг/кг в верхних слоях почвы до 228,5 мг/кг в нижних.

Посев осуществлялся во второй декаде мая семенами в грунт с заделкой семян на глубину 4-6 см при температуре почвы +12...14 °С. Схема посадки – 1,4 x 1,0 м. Густота стояния растений – 7100 шт. растений на га.

Листовые обработки вегетирующих растений арбуза столового проводились: 1-е опрыскивание – фаза плетения, 2-е – фаза начало цветения, 3-е – фаза массового плодообразования из расчета Эпин-Экстра – 50 мл/га, Иммуноцитофит – 1 таб./га, Никфан – 400 мл/га, Гумат калия – 2 л/га.

Полив осуществлялся с помощью системы капельного орошения. На протяжении всей вегетации для поддержания 75-80 % НВ проводились поливы с поливной нормой 77 м³/га. Метеорологические условия устанавливали количество поливов и тем самым определяли оросительную норму для бахчевых культур за весь период вегетации. В среднем оросительная норма бахчевых культур на капельном орошении составляла 2500...2800 м³/га. Предшественник – яровой ячмень. Рекомендуемая для региона закладки опыта доза внесения минеральных удобрений при возделывании арбуза на светло-каштановых почвах при капельном орошении – N₇₀P₉₀K₁₂₀. Часть удобрений в

виде азотосодержащих вносили в почву при предпосевной культивации – NPK 16 : 16 : 16 – 200 кг/га. Остальные минеральные удобрения вносились посредством фертигации в период вегетации арбуза столового.

Результаты и обсуждение. Из-за похолодания после посева семян арбуза в грунт первые всходы отмечались на всех вариантах опыта только через 14-18 суток.

Фаза «шатрик» отмечалась на вариантах опыта на 20...23 сутки после появления всходов. С этого момента устанавливалась жаркая погода, что способствовало быстрому развитию растений и нарастанию биомассы. Так, плетевосстановление на растениях арбуза отмечалось уже через 2...5 суток после фазы «шатрик», а боковые плети появились уже через 5...8 суток после фазы шатрик. Стоит отметить, что на вариантах с листовыми обработками ростостимуляторами фазы «шатрик» и «плетевосстановление» наступали на 1-2 суток позже контроля.

Бутионизация мужских и женских цветов была отмечена 25...28 июня, а через трое суток начиналось цветение. После цветения стала появляться завязь на главной и боковых плетях. Фаза плодотворения отмечалась 16...18 июля. Уже к концу июля единичные плоды арбуза стали созревать.

Первый массовый сбор производился 12...14 августа. Второй – 18...20 августа. Последний сбор был проведен 27...30 августа.

Период активной вегетации арбуза гибрида Тив-Там F₁ и сорта Продюсер в 2021 году составил 94...96 суток в 2022 – 96...98 суток. Наиболее продолжительным периодом вегетации (на 1...2 суток больше, чем на контроле) отмечались варианты с применением регуляторов роста.

Регуляторы (стимуляторы) роста служат идеальным дополнением к основному питанию сельскохозяйственных культур. Проникая через вегетативную массу растений, они быстро восполняют дефицит элементов, запускают, поддерживают и стимулируют физиологические процессы растения, быстро восстанавливают рост и развитие растительного организма.

Ростовым признаком растений арбуза являются показатели, определяющие его хорошее развитие, такие как длина главной плети, длина боковых плетей и число основных плетей (таблица 1).

Как показали результаты исследований, представленные в таблице 1, в среднем максимальная длина главной плети у гибрида Тив-Там F₁ формировалась на варианте с обработкой Никфан – 3,71 м, а у сорта Продюсер на варианте с Эпин-Экстра – 3,56 м, что выше контроля на 0,72 и 0,47 м, соответственно. Стоит отметить, что на всех вариантах с листовыми обработками показатели длины главной плети были выше контроля.

Максимальную среднюю длину боковых плетей наблюдали на вариантах Эпин-Экстра – 0,96 м у сорта Продюсер и Никфан – 1,01 м у гибрида Тив-Там F₁. На остальных вариантах также отмечено достоверное превышение контрольных вариантов.

Листовые обработки также оказывали существенное влияние на формирование числа основных плетей. Так, наибольшее их количество формировалось у гибрида Тив-Там F₁ на вариантах: Эпин-Экстра – 5,3 шт., Никфан и Гумат калия – 5,2 шт., что превышало контроль на 1,3...1,4 шт. У сорта Продюсер выделился вариант с применением Иммуноцитофита – 5,3 шт., остальные варианты также были выше контроля, но не превышали 4,7...4,9 шт.

Таблица 1 – Влияние регуляторов роста на биометрию растений арбуза столового

Table 1 – The effect of growth regulators on the biometrics of watermelon plants

Сорт/гибрид / Variety/hybrid	Вариант / Option	Длина глав- ной плети, м / Length of the main whip, m		среднее / average	Средняя длина бо- ковых пле- тей, м / Average length of side lashes, m		среднее / average	Число основных плетей, шт. / Number of main lashes, pcs.		среднее / average
		2021	2022		2021	2022		2021	2022	
Тив-Там F ₁ / Tiv-Tam F1	Контроль / Control	3,06	2,91	2,99	0,75	0,80	0,78	4,0	3,8	3,9
	Эпин-Экстра / Epin-Extra	3,49	3,16	3,33	0,85	0,82	0,84	5,2	5,3	5,3
	Иммуноцитифит/ Immunocytophyte	3,75	3,14	3,45	0,84	0,82	0,83	4,6	5,2	4,9
	Никфан/ Nikfan	3,44	3,97	3,71	0,98	1,01	1,00	5,1	5,3	5,2
	Гумат калия / Potassium humate	3,32	3,26	3,29	0,83	0,93	0,88	4,9	5,4	5,2
Продюсер/ Producer	Контроль / Control	2,99	3,19	3,09	0,79	0,77	0,78	4,0	3,8	3,9
	Эпин-Экстра / Epin-Extra	3,25	3,87	3,56	1,00	0,92	0,96	5,2	4,6	4,9
	Иммуноцитифит/ Immunocytophyte	3,65	3,34	3,50	0,90	0,80	0,85	5,6	5,0	5,3
	Никфан/ Nikfan	3,12	3,45	3,29	0,84	0,88	0,86	5,0	4,3	4,7
	Гумат калия/ Potassium humate	3,14	3,24	3,19	0,84	0,84	0,84	5,0	4,6	4,8
HCP ₀₅ (общ.) / LSD 05 (total)		0,7	0,6	-	0,3	0,3	-	0,5	0,4	-
HCP ₀₅ по фактору А / LSD 05 (by factor A)		0,3	0,4	-	0,1	0,2	-	0,2	0,3	-
HCP ₀₅ по фактору В / LSD 05 (by factor B)		0,5	0,4	-	0,2	0,2	-	0,4	0,3	-
HCP ₀₅ взаимодействие АВ / LSD 05 (AB interaction)		0,4	0,5	-	0,2	0,1	-	0,3	0,4	-

Оценка формирования элементов продуктивности арбуза столового показала эффективность применения некорневых обработок, что положительно отражалось на урожайности.

Изучаемые сорт и гибрид арбуза столового показали себя отзывчивыми на некорневые обработки препаратами, способствующими регуляции (стимуляции) роста и повышению адаптивности растений к неблагоприятным условиям внешней среды.

Так, по результатам проведенных учетов в среднем за два года изучения среднее количество плодов на одном растении увеличивалось до 3 штук на вариантах с внекорневым применением Иммуноцитифита, Никфана и Гумата калия у гибрида Тив-Там F₁, у сорта Продюсер. Такое увеличение среднего числа плодов на растении отмечалось только на варианте с Иммуноцитифит (таблица 2).

Таблица 2 – Продуктивность арбуза столового в зависимости от регуляторов роста, среднее за 2021-2022 гг.

Table 2 – Productivity of table watermelon depending on growth regulators, average for 2021-2022

Сорт/гибрид / Variety/hybrid	Вариант / Option	Среднее количество плодов на растении, шт. / The average number of fruits per plant, pcs.	Средняя масса плода, г / Average fetal weight, g	Средний диаметр, см / Average diameter, cm	Урожайность стандартных плодов, т/га / Productivity of standard fruits, t/ha	± к кон- тролю / ± to control
Тив-Там F ₁ / Tiv-Tam F1	Контроль / Control	2	6922,2	19,3	87,5	-
	Эпин-Экстра / Epin-Extra	2	6928,2	19,5	98,3	10,8
	Иммуноцитифит / Immunocytophyte	3	6707,3	19,3	119,7	32,2
	Никфан / Nikfan	3	6563,9	19,2	139,2	51,7
	Гумат калия / Potassium humate	3	6625,8	19,0	128,8	41,3
Продюсер / Producer	Контроль / Control	2	6876,8	20,6	71,5	-
	Эпин-Экстра / Epin-Extra	2	7133,8	20,8	113,4	41,9
	Иммуноцитифит / Immunocytophyte	3	6466,1	19,9	127,5	56,0
	Никфан / Nikfan	2	6730,8	19,9	108,8	37,3
	Гумат калия / Potassium humate	2	7038,5	20,5	101,2	29,7
HCP ₀₅ (общ.) / LSD 05 (total)		0,5	786,5	1,2	6,4	-
HCP ₀₅ по фактору А / LSD 05 (by factor A)		0,4	568,2	0,5	5,5	-
HCP ₀₅ по фактору В / LSD 05 (by factor B)		0,6	624,1	0,8	5,9	-
HCP ₀₅ взаимодействие АВ / LSD 05 (AB interaction)		0,5	711,0	0,7	6,1	-

Как видно из данных таблицы 2, влияние некорневых обработок различными ростостимулирующими препаратами оказывало влияние на средний диаметр плодов. Так, у гибрида Тив-Там F₁ он варьировал незначительно в пределах 19,0 см на варианте Гумат калия до 19,5 см на варианте Эпин-Экстра. У сорта Продюсер наибольший диаметр плодов также отмечен на варианте с Эпин-Экстра – 20,8 см, а минимальный – на вариантах Никфан и Иммуноцитифит – 19,9 см.

По средней массе одного плода выделились варианты с применением Эпин-Экстра – 6928,2 у гибрида Тив-Там F₁ и 7133,8 г у сорта Продюсер. У сорта Продюсер выше контроля также были показатели и на варианте с Гумат калия – 7038,5 г.

Урожайность стандартных плодов, то есть в соответствии с ГОСТ 7177-80 «Арбузы продовольственные свежие», для раннеспелых и среднеранних сортов плодов диаметром более 13,0 см, в среднем за годы изучения составила у гибрида Тив-Там F₁ от 87,5 т/га на контроле до 139,2 т/га на варианте с Никфан. При этом, несмотря на увеличение диаметра плодов и их массы на варианте с Эпин-Экстра, прибавка урожайности по отношению к контролю на данном варианте не превышала 10,8 т/га. На остальных вариантах с некорневым применением регуляторов роста прибавки урожая составляли у данного гибрида от 32,2 т/га на варианте с Иммуноцитифитом до 51,7 т/га на варианте с Никфан.

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания арбуза столового при применении различных регуляторов роста, среднее за 2021-2022 гг.

Table 3 – Economic efficiency of table watermelon cultivation with the use of various growth regulators, average for 2021-2022

Сорт/г ибрид / Variety/ hybrid	Вариант / Option	Прямые затраты, руб./га / Direct costs, rub./ha	Себестои- мость, руб./т / Cost, rub./t	Чистый доход, тыс. руб./га / Net income, thou- sand rubles/ha	Уровень рента- бельно- сти, % / Profitabili- ty level, %	Окупаемость, руб./ на руб. вложенных затрат / Payback, rub. / per ruble. investment costs
Тив-Там F ₁ / Tiv-Tam F1	Контроль / Control	269 989,8	3 085,6	605 010,2	224,1	3,24
	Эпин-Экстра / Epin-Extra	300 446,8	3 056,4	682 553,2	227,2	3,27
	Иммуноцитифит / Immunocytophyte	267 188,5	2 232,2	929 811,5	348,0	4,48
	Никфан / Nikfan	301 553,3	2 166,3	1 090 446,7	361,6	4,62
	Гумат калия / Potassium humate	273 449,5	2 123,1	1 014 550,5	371,0	4,71
Продюсер / Producer	Контроль / Control	269 989,8	3 776,1	445 010,2	164,8	2,65
	Эпин-Экстра / Epin-Extra	300 446,8	2 649,4	833 553,2	277,4	3,77
	Иммуноцитифит / Immunocytophyte	267 188,5	2 095,6	1 007 811,5	377,2	4,77
	Никфан / Nikfan	301 553,3	2 771,6	786 446,7	260,8	3,61
	Гумат калия / Potassium humate	273 449,5	2 702,1	738 550,5	270,1	3,70

У сорта Продюсер урожайность на контроле не превышала в среднем 71,5 т/га. Наибольшие прибавка урожая – 56,0 т/га и соответственно урожайность – 127,5 т/га, отмечались на варианте с Иммуноцитифитом. Также отличался и вариант с применением Эпин-Экстра с урожайностью на уровне 113,4 т/га и прибавкой урожайности – 41,9 т/га. На остальных вариантах прибавки урожайности относительно контроля также были высокими и составляли 29,7 т/га на варианте с Гумат калия и 37,3 на варианте с Никфан.

Таким образом, можно говорить о положительном влиянии внекорневых обработок препаратами, обладающими свойствами регуляторов роста и адаптогенов растений, которое заключается в первую очередь в формировании наиболее устойчивых к неблагоприятным явлениям внешней среды растений и, как следствие, высокой урожайности.

Эффективность применения регуляторов роста, несмотря на возрастающие затраты, также подтверждается расчетами экономической эффективности (таблица 3). Так, уровень рентабельности производства арбузов на контроле составлял от 164,8 у сорта Продюсер до 224,1 % у гибрида Тив-Там F₁, а окупаемость затрат находилась на уровне 2,65 и 3,24 рублей на рубль вложенных затрат. С увеличением продуктивности на вариантах с применением регуляторов роста рентабельность возрастала у гибрида Тив-Там F₁ до 348,0...371,0 %, а окупаемость затрат – до 4,48...4,62 р./р. При этом самая низкая себестоимость производства 1 тонны продукции составляла 2123,1 р./т на варианте с Гумат калия. У сорта Продюсер показатели урожайности были несколько ниже, но рентабельность была высокой и составляла от 260,8 % на варианте с Никфан до 377,2 % на варианте с Иммуноцитифит, окупаемость при этом была 3,61 и 4,77 р./р., соответственно.

Выводы. В ходе проведенного изучения и сравнительной оценки использования различных стимуляторов (регуляторов) роста при выращивании арбуза столового на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия при капельном орошении установлено, что все испытываемые в опыте регуляторы роста положительно влияют на рост, развитие и продуктивность столового арбуза и могут использоваться при его возделывании. Но для получения максимальной урожайности при возделывании гибрида Тив-Там F₁ наиболее эффективны обработки Никфан, на вариантах с применением которого отмечались максимальные значения урожайности, по отношению к контролю – 139,2 т/га, а при возделывании сорта Продюсер – Иммуноцитифит – с урожайностью 127,5 т/га.

Библиографический список

1. Байрамбеков Ш. Б., Боева Т. В., Соколов А. С. Основные элементы технологии возделывания бахчевых культур // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 31-35.
2. Колебошина Т. Г., Варивода Е. А., Суслов П. П. Новые приемы технологии выращивания арбуза столового как залог развития отрасли бахчеводства // Овощи России. 2021. № 4. С. 94-98.
3. Пронько В. В. Пронько Н. А., Корсаков К. В. Эффективность удобрений на основе гуминовых кислот при возделывании арбуза на орошаемых темно-каштановых почвах Заволжья // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 47-49.
4. Рябчикова Н. Б. Сравнительная оценка фолиарных обработок растений дыни водорастворимыми удобрениями и регуляторами роста // Известия ФНЦО. 2021. № 3-4. С. 94-100.
5. Санникова Т. А., Мачулкина В. А., Гулин А. В. Технология выращивания и её влияние на урожай и качество плодов арбуза // Евразийский Союз Ученых. 2020. № 74 (10). С. 25-29.
6. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья / Т. Г. Колебошина, С. Д. Фомин, Н. Б. Рябчикова, О. Г. Вербитская // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). С. 107-116.
7. Эффективность применения различных видов удобрений и способов их использования при выращивании арбуза столового / Е. А. Галичкина, М. В. Быкова, С. М. Надежкин, Н. В. Цирульников // Овощи России. 2021. № 5. С. 49-53.
8. Effect of plant growth regulators on cucurbits: A review / S. K. Acharya, Thakar Chirag, J. H. Brahmabhatt, Joshi Nikunj // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. № 9 (4). P. 540-544.
9. Effects of Farm Manure, Vermicompost and Plant Growth Regulators on Yield and Fruit Quality in Watermelon / C. Bayram, G. Büyük, A. Kaya, A. Üniversitesi, T. Bilimleri, T. Fakültesi, A. A. Adıyaman, K. Üniversitesi, R. Kayış, M. Fakültesi // KSU J. Agric Nat. 2021. № 24 (1). P. 64-69.
10. Evaluation of yields on new varieties of hybrid watermelon / A. Wahyudi, I. Nazirwan, J. Kartahadimaja, A. B. Setyawan, N. A. Mustakim, F. Askhary, B. Katfar // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 1012. 012070.

11. Harahap A. Analysis of red watermelon and yellow watermelon farming (Case Study: Secanggang District, Langkat Regency) // Agripreneur: Jurnal Pertanian Agribisnis. 2021. № 10. P. 57-61.

12. Nitrogen and boron nutrition in grafted watermelon II: Impact on nutrient accumulation in fruit rind and flesh / K. Gülüt, E. Ertarğın Duymuş, I. Solmaz, A. Alkan Torun // PLOS ONE. 2021. № 16. e0252437.

13. Watermelon nutrition profile, antioxidant activity, and processing / M. Nadeem, M. Navida, K. Ameer, F. Siddique, A. Iqbal, F. Malik, M. Ranjha, Z. Yasmin, R. Kanwal, S. Javaria // Korean Journal of Food Preservation. 2022. № 29. P. 531-545.

14. Watermelon Production / J. Shrefler, L. Brandenberger, E. Rebek, J. Damicone, M. Taylor // Oklahoma Cooperative Extension Service HLA-6236. 2015.

Информация об авторах

Дьяков Александр Сергеевич, младший научный сотрудник лаборатории Селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черныйорский район, с. Соленое Займище, квартал Северный д.8) тел. 8-927-567-44-89, e-mail: alex24dykov@yandex.ru

Зайцев Сергей Викторович, младший научный сотрудник лаборатории Селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черныйорский район, с. Соленое Займище, квартал Северный д.8) тел. 8-927-567-44-89, e-mail: quart771@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-20

EFFECT OF CUTTING AND RETARDANTS ON THE BIOPRODUCTIVITY OF INTENSIVE GARDENS IN SREDNEAKHTUBINSKY DISTRICT OF THE VOLGOGRAD REGION

A. V. Egorov^{1,2}, V. A. Vedeneva¹

¹Federal State Budget Scientific Institution

«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 30.09.2022

Submitted 25.11.2022

The research was carried out within the framework of the state task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences FNFE-2022-0010 "Creation of new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated, tree and shrub plants with high productivity, quality and increased resistance to adverse environmental factors, new innovative technologies in seed and nursery production, taking into account the varietal characteristics and soil and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation"

Summary

Nowadays, orchards of intensive cultivation type are widely used in fruit growing on industrial scale. Compacted plantings of tree seedlings provide an opportunity to widely apply mechanization when taking care of plantings and soil, harvesting and processing of crops. Intensive orchards are planted according to scientifically grounded projects, in which special attention is paid to methods of tree formation and pruning. This article presents the results of researches on the effect of tree pruning and retardant preparation use on growth and development of intensive apple-tree orchard.

Abstract

Introduction. A characteristic feature of intensive plantation gardens is the need to regulate excessive tree growth even on dwarf rootstock. Of particular interest are works on slowing the growth of shoots and prevention of branching stimulation. Pruning plants always reduces total, total growth and affects the balance of vegetative and reproductive development. However, nowadays, in the practice of intensive horticulture,

inclusion of retardant growth regulators into growing technology allows reducing manual labor and regulating growth and development of fruit-trees. **Object.** Variety of apple trees «Florina» grafted on the medium-growing rootstock MM 106. **Materials and methods.** Two factors were investigated - manual pruning of trees and application of Regalis 10WG retardant. A free-growing palmetta was used as a tree formation system. Treatment with Regalis 10WG, the rate of 2.5 kg/ha was carried out at the shoot length of 5-7 cm, having previously dissolved this preparation in 1000 liters of water. At the double treatment with the rate of 1.25 kg/ha, the first treatment was made at a shoot length of 2-5 cm, the second 3-5 weeks after the first treatment. To determine the effectiveness of the methods used to increase the bioproductivity of the orchard, phytomeric observations were carried out in each experimental variant. Economic efficiency of production was calculated according to the procedure for calculating the efficiency of agrotechnical research in horticulture. Statistical processing of the data was carried out by the method of analysis of variance. **Results and conclusions.** As a result of the conducted researches the optimal options of tree pruning were established and the efficiency of retardant application was proved. So treatment of Variety of the trees «Florina» with Regalis 10WG led to increase of flowers and set fruits by 5-24% compared to the control. The best results for the number of fruits were obtained when Regalis 10WG was used at the dose of 2,5 kg/ha against the background of one-year branches shortening during winter pruning to the length of 40 cm. The economic efficiency of Regalis 10WG in combination with tree pruning was proved.

Key words: intensive gardens, growth regulators, Regalis 10WG retardant, apple garden pruning, free-growing palmetto.

Citation. Egorov A.V., Vedeneeva V.A. Effect of cutting and retardants on bioproductivity of intensive gardens in Sredneakhtubinsky district of Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 173-184 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-20.

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

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

УДК 631.635

ВЛИЯНИЕ ОБРЕЗКИ И РЕТАРДАНТОВ НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ САДОВ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА СРЕДНЕАХТУБИНСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Егоров^{1,2}, младший научный сотрудник

В. А. Веденеева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения» РАН, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 25.11.2022

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской академии наук № FNFE-2022-0010 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации»

Актуальность. Характерной особенностью садов интенсивного типа насаждения является необходимость регулирования избыточного роста деревьев даже на карликовых подвоях. Особый интерес представляют работы по замедлению роста побегов и предотвращению стимуляции ветвления. Обрезка растений всегда снижает общий, суммарный прирост и влияет на равновесие вегетативного и репродуктивного развития. Однако в настоя-

щее время в практике садоводства интенсивного типа включение регуляторов роста ретардантного действия в технологию выращивания позволяет сократить ручной труд, регулировать рост и развитие плодовых деревьев. **Объект.** Сорт яблонь Флорина, привитый на среднерослом подвое ММ 106. **Материалы и методы.** Исследования проводили по двум факторам – ручная обрезка деревьев и применение ретарданта Regalis 10WG. В качестве системы формирования деревьев была применена свободно растущая пальметта. Обработку препаратом Regalis 10WG, нормой 2,5 кг/га проводили при длине побегов 5-7 см, предварительно растворив данный препарат в 1000 литрах воды. При двукратной обработке с нормой расхода по 1,25 кг/га, первую обработку производили при длине побегов 2-5 см, вторую через 3-5 недель после первой обработки. Для определения эффективности применяемых способов повышения биопродуктивности сада на каждом варианте опыта проводили фитометрические наблюдения. Экономическую эффективность производства рассчитывали по методике расчета эффективности агротехнических исследований в садоводстве. Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований были установлены оптимальные варианты обрезки деревьев и доказана эффективность применения ретарданта. Так, обработка деревьев сорта Флорина препаратом Regalis 10WG привела к увеличению количества цветков и завязавшихся плодов на 5-24 % по сравнению с контролем. Наилучшие результаты по количеству плодов были получены при обработке Regalis 10WG в дозе 2,5 кг/га на фоне укорачиваний однолетних ветвей при зимней обрезке на длину 40 см. Обоснована экономическая эффективность использования препарата Regalis 10WG в сочетании с обрезкой деревьев.

Ключевые слова: интенсивные сады, регуляторы роста растений, ретарданты, Regalis 10WG, обрезка яблоневого сада, свободнорастущая пальметта.

Цитирование: Егоров А. В., Веденеева В. А. Влияние обрезки и ретардантов на биопродуктивность садов интенсивного типа Среднеахтубинского района Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 173-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время многие хозяйства ориентируются на сады интенсивного типа, в которых используют клоновые подвои, способствующие ускоренному плодоношению и повышению урожайности [1, 3]. Однако вопросы формирования крон плодовых садов, борьбы с вредителями и заболеваниями остаются актуальными [11]. Естественной сложившейся формой кроны у плодовых деревьев не всегда удовлетворяет запросам промышленного производства сада, так как значительную часть структуры дерева занимают крупные скелетные ветви, устанавливается нерациональное соотношение между вегетативными и продуктивными органами, что не может способствовать формированию высоких урожаев [5].

Нерациональность структуры крупногабаритных крон убедительно доказана в ряде научных исследований. Так, с увеличением диаметра кроны деревьев от 2,5 до 10 м продуктивность уменьшается более чем на 150 г на каждые 0,09 м² прироста площади проекции кроны. Это приводит к тому, что дерево с диаметром кроны 10 м формирует урожай наполовину меньше, чем дерево того же сорта, но с диаметром 2,5 м. В связи с этим пловоды вновь обращаются к старым классическим высокопродуктивным кронам-пальметтам, шпалерным насаждениям, веретеновидным кронам. Однако в прежнем виде они оказываются неэффективными в связи с потребно-

стью в большом количестве ручного труда, требующего высокой квалификации исполнителей. Отсюда возникает необходимость изыскания возможности упрощения обрезки [2].

В последние годы усилия ученых направлены на создание конструкций плодовых насаждений, обеспечивающих полную механизацию формирования, обрезки крон и качественный съём плодов [7]. Механизированная уборка уже применяется на вишне, черешне, орехоплодных культурах. В современном плодоводстве для уменьшения силы роста, поддержания биоконструктивных параметров, более рационального структурирования крон деревьев яблони применяются регуляторы роста с ретардартным действием [4, 6, 8]. В молодых насаждениях яблони, в первые три года после посадки, обработка деревьев регулятором роста нецелесообразна, так как в этот период основной задачей является формирование кроны и быстрое вступление в плодоношение [10, 12].

Регулятор роста Regalis 10WG (активное вещество – прогексадион кальция) производства немецкого концерна BASF был разработан для снижения силы роста побегов яблони, также значение препарата возрастает благодаря его эффективности против заражения бактериальным ожогом. Влияя на обмен веществ, препарат синтезирует большее количество флавоноидов и другие фенолы, которые снижают проникновение различных патогенных агентов и одновременно усиливают функции защиты растений [9]. Также в результате обработки деревьев этим препаратом в растениях блокируется процесс синтеза гиббереллина и этилена, происходят изменения в метаболизме флавоноидов. Формирование малого количества гиббереллина приводит к ингибированию процессов роста, уменьшению количества и длины однолетних ветвей. Наблюдаются и некоторые положительные изменения в морфологии растений: листья имеют более развитый эпидермис, крона аэрируется более равномерно и быстро просыхает после дождя, деревья раньше завершают фазу интенсивного роста побегов, раньше формируется верхушечная почка и начинается ускоренная дифференциация цветковых почек [2].

В связи с этим целью наших исследований было регулирование ростовых процессов яблонь Флорина при помощи различных приемов обрезки и использования регулятора роста.

Материалы и методы. Исследования проводились в ООО «Заветный сад» п. Красный Среднеахтубинского района Волгоградской области в 2019 и 2020 гг. Объектом исследований был выбран сорт яблонь Флорина (рисунок 1) 2015 г. посадки, привитый на среднерослом подвое ММ 106. Схема посадки 4х3 м. Учетных деревьев на каждом варианте опыта - 24, повторность 3-х кратная.

Данный сорт является продуктом французской селекции. Получен с помощью многоцветных насыщающих скрещиваний с использованием сеянца *Malus floribunda* 821 и сортов Ром Бьюти, Голден Делишес, Старкинг, Джонатан.

В качестве системы формирования деревьев была применена свободнорастущая пальметта. Две основные ветви закладывали в виде первого яруса. Они наклонялись под углом 45-55°, подвязывались к шпалерной проволоке и образовывали основание кроны. Остальные 4-5 основных ветвей первого порядка размещали на центральном проводнике преимущественно одиночно на расстоянии 15-25 см одна над другой (рисунок 2).

К особенностям формирования свободнорастущей пальметты относится более слабая степень обрезки. В процессе формирования удаляются в основном конкуренты центрального проводника и скелетных ветвей. Между основными ветвями первого по-

рядка на центральном проводнике оставляют почти все обрастающие и временные полускелетные ветви, направленные вдоль ряда. Такая обрезка молодых деревьев способствует ускорению начала товарного плодоношения и увеличению урожайности.

По мере разрастания и загущения кроны деревьев временные полускелетные ветви укорачивают на многолетнюю древесину с переводом на горизонтальное разветвление и, таким образом, переводят их в обрастающие. В местах сильного загущения прореживают обрастающие ветви, удаляя слабые, свисающие. Сильные обрастающие ветви укорачивают на 3-4- летнюю древесину с переводом на боковое горизонтальное разветвление. С началом товарного плодоношения деревьев приступают к обрезке обрастающих ветвей с трех-четырёх летним циклом замещения.



Рисунок 1 – Внешний вид плодов яблонь сорта Флорина

Figure 1 – Appearance of fruits of the variety Florina



Рисунок 2 – Система формирования – свободнорастущая пальметта

Figure 2 – Formation system – free-growing palmetto

Правильное формирование и обрезка деревьев по системе свободнорастущая пальметта обеспечивают им вступление в товарное плодоношение на третий - четвертый год после посадки и получение устойчивых, высоких урожаев.

На каждом варианте опыта определяли параметры кроны, суммарную и среднюю длину побегов и междоузлий. Диаметр штамба измеряли на высоте 20 см от поверхности почвы. Экономическая эффективность производства рассчитывалась по методике расчета эффективности агротехнических исследований в садоводстве. Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа Б. А. Доспехова.

Обработку препаратом Regalis 10WG, нормой 2,5 кг/га проводили при длине побегов 5-7 см, предварительно растворив данный препарат в 1000 литрах воды. При двукратной обработке с нормой расхода по 1,25 кг/га, первую обработку проводили при длине побегов 2-5 см, вторую через 3-5 недель после первой обработки.

Для проведения исследований были заложены следующие варианты опыта:

1. Обработка деревьев регулятором роста Regalis 10WG однократно при длине побегов 5-7 см, дозой 2,5 кг/га;

2. Обработка деревьев регулятором роста Regalis 10WG двукратно. Первая - при длине побегов 5-7 см, дозой 1,25 кг/га, вторая обработка через 3-5 недель после первой обработки;

3. Формирование деревьев. 1/3 оставляемых побегов укорачивали на сучки длиной 20 см + обработка препаратом Regalis 10WG 2,5кг/га.

4. Формирование деревьев. 1/3 оставляемых побегов укорачивали на сучки длиной 40 см + обработка препаратом Regalis 10WG 2,5кг/га.

За контроль был принят вариант с обрезкой деревьев по системе свободнорастущая пальметта.

Результаты и обсуждение. Почвы исследуемого участка светло-каштановые, тяжелосуглинистые. Содержание гумуса в корнеобитаемом слое почвы (0-60 см) достигает 3,42 %. Содержание легкоусвояемых растениями соединений азота 0,17-0,12 %, фосфора 3,2-1,12 мг/г почвы, калия 46,2-26,3 мг/г почвы. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка показала, что она благоприятна для выращивания деревьев яблони.

Вегетационные периоды 2019 и 2020 гг. по интенсивности засухи характеризовались как средnezасушливые, ГТК составил соответственно 0,50 и 0,52 по годам исследований.

Одним из агротехнических приемов ослабления силы роста деревьев яблони является обработка их химическими регуляторами роста. В результате уменьшение интенсивности ростовых процессов увеличивается количество кольчаток и других коротких плодоносных ветвей в кроне дерева, а продукты фотосинтеза распределяются более рационально на рост и созревание плодов. Это позволяет повысить продуктивность насаждений и в том случае, когда количество соцветий меньше нормального, без существенного отрицательного влияния на процесс цветения в следующем году.

Для яблони эффект действия препарата Regalis 10WG считается положительным, когда длина однолетних приростов уменьшается на 40-60 %. Это позволяет поддерживать физиологическое равновесие между ростом и плодоношением,

уменьшить затраты ручных работ при обрезке, повысить эффективность фитосанитарных обработок на 20 %, улучшить световой режим в кроне, получать стабильный и качественный урожай.

Физиологическое состояние и развитие деревьев характеризуется фитометрическими показателями и их реакцией на различные внешние факторы. Главными показателями, которые характеризуют состояние деревьев, являются: средняя и суммарная длина побегов, площадь листовой поверхности, диаметр штамба, параметры кроны и урожайность.

Суммарная длина однолетних ветвей характеризует силу роста дерева в целом и является одним из показателей потенциальной продуктивности его в следующем году, так как однолетний прирост — это база формирования плодоносных образований в следующем году (таблица 1).

Обработка деревьев яблони сорта Флорина регулятором роста Regalis 10WG привело к снижению суммарной длины побегов. Наиболее существенно это значение было в варианте с двукратной обработкой дозой 1,25 кг/га, в котором значение данного показателя было по годам исследований на 19-36 % меньше, чем на контроле. В вариантах с укорачиванием однолетнего прироста на 20 и 40 см и дальнейшей обработкой Regalis 10WG показатель суммарной длины побегов был выше по сравнению с вариантами без укорачивания, что связано со стимулированием силы роста на укорачивания побегов.

Таблица 1 – Фитометрические показатели яблони сорта Флорина

Table 1 – Phytometric parameters of the apple variety Florina

Варианты опыта / Experience options	Суммарная длина, м/дерево / Total length, m/tree		Средняя длина побегов, см / Average length of shoots, cm		Длина между- узлий, мм / Length of in- ternodes, mm		Диаметр штам- ба, мм / Diame- ter of the boom, mm	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
1. Контроль / Control	38,4	62,3	47,3	52,4	34,2	31,8	22,5	26,3
2. Regalis - 2.5 кг/га (kg/ha)	30,2	51,5	35,7	40,7	25,1	22,4	21,7	24,8
3. Regalis- 1.25+1.25кг/га (kg/ha)	28,5	50,4	32,4	40,3	24,2	22,5	21,5	24,5
4. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 20 см / Regalis 2.5 kg/ha + short- ening by 20 cm	31,3	53,0	36,1	40,9	25,6	22,4	21,3	24,6
5. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 40 см / Regalis 2.5 kg/ha + short- ening by 40 cm	31,4	52,2	35,9	39,5	25,3	22,3	21,5	24,7

Средняя длина однолетнего прироста - это основной показатель реакции дерева на агротехнику и степень обрезки. Для молодого дерева в период роста и плодоношения нормальной считается длина однолетнего прироста 40-50 см. Наблюдения показали, что средняя длина побегов в значительной степени меняется при обработке деревьев регулятором роста Regalis 10WG. Наибольшее снижение данного показателя на 23-32 % по годам исследований полученные при двукратной обработке дозе 1,25 кг/га. Снижение средней длины побегов происходило за счет сокращения в среднем на 30 % длины междоузлий обрабатываемых вариантах по сравнению с контролем.

Уменьшение средней длины побегов происходило за счет сокращения длины междоузлия. Так если в контроле длина междоузлий составляет 34,2 мм, то в варианте 3 этот показатель был на 30% меньше чем на контроле. Препарат Regalis 10WG влияет на величину растяжение клеток, поскольку при одинаковом числе листьев на побегах, обработанных и не обработанных препаратом, последние имели общую длину на 11-15 см меньше.

В 2020 г. показатель средней длины побегов был в среднем на 10 % выше предыдущего года. Так в контроле длина побегов увеличилась на 5,1 см, а в 3 варианте почти на 8 см, на закономерность данного показателя по вариантам опыта сохраняется на уровне предыдущего. Также в этом году наблюдается еще большее сокращение длины междоузлий по сравнению с 2019, если разница между испытываемыми вариантами была незначительной и составляла 0,1-0,2 мм, то по сравнению с контролем данный показатель уменьшился почти на 30 %.

По характеру увеличения диаметра штамба можно судить об истинном приросте фитомассы древесных растений, в том числе и яблони. Полученные нами данные показывают, что прирост диаметра штамба коррелирует с суммарной длиной побегов и зависит от использования регулятора роста и степени обрезки деревьев. Анализируя полученные в 2019 г. данные видно, что существенной разницы по вариантам опыта не наблюдается. Разница эта составляет между вариантами опыта всего 0,4 см. Все же на контроле деревья развивались лучше, поскольку значение окружности штамба в нем была на 0,7-1,2 см больше чем в исследуемых вариантах.

Таким образом, на 3 и 4 год после посадки влияние регулятора роста и степени обрезки существенно не повлияла на прирост диаметра штамба. Наблюдается незначительное снижение прироста диаметра штамба на 5-7 % по годам по сравнению с контролем.

Урожайность и качество плодов являются главными показателями, определяющими целесообразность и эффективность агротехнических мероприятий, проводимых в саду. Главная их задача — это способствовать раннему вступлению деревьев в плодоношение и ежегодному поддержанию их урожайности на высоком уровне (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели цветения и завязи плодов яблони сорта Флорина

Table 2 – Flowering and fruit set characteristics of apple cultivar Florina

Вариант опыта / Experience option	Количество цветков, шт./дер. / Quantity of flowers, pcs/tree	Количество пло- дов, шт./дер. / Quantity fruits, pcs/tree	Процент завязы- вания плодов / Percent setting fruits
1. Контроль / Control	485	112	23,1
2. Regalis - 2.5 кг/га (kg/ha)	510	123	24,1
3. Regalis- 1.25+1.25кг/га (kg/ha)	525	125	23,8
4. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 20 см / Regalis 2.5 kg/ha + shortening by 20 cm	475	107	22,5
5. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 40 см / Regalis 2.5 kg/ha + shortening by 40 cm	630	157	24,9
НСР 0.95	21,4	9,1	

Полученные нами данные показывают, что обработка деревьев ретардантом Regalis 10WG оказывала влияние на закладку цветковых почек на деревьях. Так на 5 год после посадки на вариантах с применением Regalis 10WG (2 и 3) количество

цветков увеличилось соответственно на 25 и 40 шт. по сравнению с контролем и составило 525 шт./дерево в варианте с двукратной обработкой препаратом. Еще выше значение было на фоне с укорачиванием однолетних побегов на 40 см, превысившее контроль на 24% и составившее 630 шт./дерево. Укорачивание побегов на 40 см длины способствовало более высокой пробудимости почек на длине ветви и в результате часть из выросших укороченных побегов закладывало на конце плодовые почки. Более сильное укорачивание, на 20 см. стимулировало появление 3-5 сильных побегов ростового типа, что имело негативное влияние на раннее вступление дерева в плодоношение.

Подсчет количества плодов, проведенный 26.05.19 г. показал, что наибольшее их количество было в варианте с обработкой Regalis 2,5 кг/га плюс укорачивание на 40 см. и составило 157 шт./дерево. В варианте с сильным укорачиванием число плодов было наименьшим – 107 шт./дерево, что на 5 шт. меньше, чем на контроле.

Анализируя показатель завязываемости плодов видно, что он колеблется в пределах 22,5-24,9 %, что является очень высоким. Таким образом, обработка деревьев сорта Флорина препаратом Regalis 10WG привела к увеличению количества цветков и завязавшихся плодов на 5-24 % по сравнению с контролем. Наилучшие результаты по количеству плодов были получены при обработке Regalis 10WG в дозе 2,5 кг/га на фоне укорачиваний однолетних ветвей при зимней обрезке на длину 40 см.

Обработка деревьев регулятором роста ретардантного действия и применяемая обрезка также оказали существенное влияние на урожайность насаждений яблоневого сада (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность насаждений яблони сорта Флорина в зависимости от обрезки и применения регулятора роста

Table 3 – Yield of Florina apple trees depending on pruning and growth regulator application

Вариант опыта / Experience option	Количество плодов, шт./дер. / Num- ber of fruits, pieces/tree	Средний вес плода, г. / Average fetal weight, g	Урожай с 1 дерева, кг. / Yield per tree, kg.	Урожайность, т/га / Yield, t/ha
1. Контроль / Control	68	160	10,9	9,07
2. Regalis - 2.5 кг/га (kg/ha)	71	160	11,4	9,50
3. Regalis- 1.25+1.25кг/га (kg/ha)	74	160	11,8	9,83
4. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 20 см / Regalis 2.5 kg/ha + shortening by 20 cm	66	160	10,6	8,83
5. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 40 см / Regalis 2.5 kg/ha + shortening by 40 cm	88	160	14,1	11,75

Наибольший урожай получен на варианте с обработкой Regalis 10WG 2,5 кг/га + укорачивание на 40 см, который в расчете на дерево составил 14,1 кг и 11,75 т/га, превысив контроль на 2,68 т (на 23 %).

Для обоснования эффективности применяемых в саду агротехнических мероприятий важно знать их экономическую оценку. Среди экономических показателей наибольшее значение имеют урожайность, цена реализации и себестоимость продукции от которой зависит прибыль и уровень рентабельности (таблица 4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность производства яблоневого сада в зависимости от обрезки и применения регуляторов роста

Table 4 – Economic efficiency of apple orchard production depending on pruning and application of growth regulators

Вариант опыта / Experience option	Урожай- ность плодов, т/га / Fruit yield, t/ha	Стоимость валовой про- дукции, тыс.руб./га / Cost of gross output, thous.rub./ha	Цена реализа- ции, руб. / Sales price, rubles.	Производ- ственные за- траты, тыс.руб./га / Production costs, thous.rub./ha	Чистый доход, тыс.руб./г а / Net income, thous. rub./ha	Уровень рентабель- ности, % / Profitability level, %
1. Контроль / Control	9,07	272,1	30	107,1	164,9	154,0
2. Regalis - 2.5 кг/га (kg/ha)	9,50	285,0	30	130,1	154,8	119,0
3. Regalis- 1.25+1.25кг/га (kg/ha)	9,83	294,9	30	131,0	163,8	125,0
4. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 20 см / Regalis 2.5 kg/ha + shortening by 20 cm	8,83	264,9	30	129,2	135,7	105,0
5. Regalis 2.5кг/га + укорач. на 40 см / Regalis 2.5 kg/ha + shortening by 40 cm	11,75	352,5	30	132,5	220	166,0

Полученные нами данные показали, что стоимость валовой продукции определяется урожайностью насаждений. Наибольшее значение данный показатель достиг в варианте 5 и составляет 352,5 тыс. руб./га, превысив контроль на 23 %. Производственные затраты были наименьшими на контроле и составили 107,1 тыс. руб./га. Использование препарата Regalis 10WG привело к увеличению затрат, что связано с высокой стоимостью препарата.

Недостаточно высокая урожайность в молодом возрасте привела к тому, что чистый доход в вариантах 2,3,4 был ниже, чем на контроле, соответственно и уровень рентабельности в этих вариантах был на 29-49 % ниже.

Для того чтобы затраты на препарат Regalis 10WG окупались необходимо чтобы урожайность насаждений был не ниже 10 т/га.

Среди изучаемых вариантов наибольший чистый доход – 352,5 тыс. руб./га и уровень рентабельности – 166,0 % были на 5 варианте. Таким образом, экономическая эффективность использования препарата Regalis напрямую связана с урожайностью насаждений.

Выводы. В результате проведенных нами исследований можно сделать следующие выводы. При зимней обрезке однолетние ветви длиной 50 и более см, не используемые для формирования кроны, необходимо укорачивать до 40 см. Это стимулирует образование 1-3 побегов ростового типа на верхушке, а ниже них образование более коротких побегов до 15-20 см, которые раньше заканчивают рост и формируют на конце генеративные почки. Более сильная степень обрезки - укорачивание до 20 см, приводит к формированию сильных вегетативных приростов ростового типа, которые только загущают крону. Препарат Regalis 10WG снижает длину однолетних побегов за счет сокращения длины междоузлия, стимулируя формирование плодовых образований. Среди изучаемых вариантов наибольший чистый доход (352,5 тыс. руб./га) и уровень рентабельности (166,0 %) был получен при обработке сада препаратом Regalis 10WG в дозе 2,5 кг/га на фоне укорачивания однолетних ветвей при зимней обрезке на длину 40 см.

Библиографический список

1. Безух Е. П., Атрощенко Г. П. Оценка размножения клоновых подвоев яблони зелеными черенками в укрывных маточниках // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 25-31.
2. Влияние препарата Фуrolан на рост и продуктивность яблони в насаждениях интенсивного типа / Н. И. Ненько, Е. А. Егоров, И. А. Ильина, А. Т. Киян, Г. К. Киселева, А. В. Караваева // Агрохимия. 2016. № 12. С. 14-19.
3. Выращивание адаптированного посадочного материала для закладки садов в условиях Оренбургской области / Е. А. Иванова, Г. Р. Мурсалимова, З. А. Авдеева [и др.] // Труды Курбанского государственного аграрного университета. 2015. № 55. С. 81-84.
4. Кумпан В. Н., Кривоченко С. А., Клинг А. П. Влияние различных регуляторов роста на укоренение зеленых черенков крыжовника сорта Вишневый // Вестник Алтайского государственного университета. 2015. № 12 (134). С. 10-15.
5. Пигорев И. Я., Долгополова Н. В. Решение проблемы интенсификации садоводства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 52-56.
6. Шаповал О. А., Можарова И. П. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 9-14.
7. Широков Ю. А. Анализ возможностей по управлению себестоимостью продукции растениеводства // Аграрная Россия. 2020. № 2. С. 32-39.
8. Biotechnological basis for application of growth regulators for rooting of green cuttings of trees and shrubs in a greenhouse with a misting system / R. A Shchukin [et al.] // BIO Web Conf. 2020. Vol. 23. No 01009. P. 7. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202301009>.
9. Debergh P. C., Maene Y. A scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture // Sci. Hort. 2015. V. 14. No 4. P. 335-345.
10. Enhancement of apple (*malus domestica*) productivity and soil health through organic fertilization and bio-inoculants under north-western himalayan region of India / S. Kumar, A. Sharma, V. K. Sharma, K. G. Rosin, D. Kumar // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2018. No 88(9). P. 1463-1468.
11. Greever P. T. Quality plants start with propagation and the medium — Comb. Proc. // Intern. Plant Propagators Soc. 2015. Vol. 34. P. 173-177.
12. Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems / P. Kopytko, V. Karpenko, R. Yakovenko, I. Mostoviyak // Agronomy Research. 2017. No 15 (2). P. 444-455.

Информация об авторах

Егоров Александр Викторович, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (400062, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2735-3952>, E-mail: egorov-a@vfanc.ru.

Веденеева Варвара Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (400062, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6623-6062>, E-mail: vedeneeva-v@vfanc.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-21

FEATURES OF FRUITING OF INTRODUCED REPRESENTATIVES OF THE GENERIC *GLEDITSIA* COMPLEX IN THE AGE ASPECT

K. A. Melnik, A. Sh. Khuzhakhmetova

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

Received 18.07.2022

Submitted 30.10.2022

The work was carried out on the topic of State Task № FNFE-2021-0001 "Scientific foundations and technologies for enriching the dendroflora of forest-reclamation complexes with economically valuable woody and shrubby plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number: 121041200197-8) financing the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Summary

The article presents the results of fodder and technological evaluation of grain samples of winter triticale. The results of the studies showed that all studied variety samples differed in the degree of severity of qualitative traits. The released samples have a complex of economically valuable properties and can be recommended for use as a starting material for the selection of winter triticale of feed and food (bakery) directions.

Abstract

Introduction. Artificial forest plantations created in the twentieth century do not fully perform their functions, significant areas of degraded lands need the creation of forest reclamation complexes. Long-term experience of introduction tests has shown that most tree species, growing in difficult forest conditions, can rarely be attributed to a group of trees of the first magnitude (height more than 25 m). Drought-resistant representatives of the genus *Gleditsia* with an original openwork crown are attractive woody species for the tasks of protective afforestation and landscaping of settlements, including areas with saline soils. Rational use of the introducer in enrichment technologies is possible with consideration of its ecological and biological features in the age stages. **Object.** Objects introduced *G. triacanthos*, *G. triacanthos*, f. *inermis*, *G. caspica*, *G. texana* of different geographical origin, grow in chestnut soils (cluster dendrocollections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Cadastre. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; Cadastre No. 34:36:0000:14:0178). **Materials and methods.** Generative processes and reproductive capacity of introduced plants were taken into account to identify age periods. Seed damage was detected by the ratio of healthy seeds and those affected by diseases and pests. The passage of the juvenile stage was recorded in laboratory conditions. **Results and conclusions.** Unfavorable factors determining the fruiting energy and variability of the morphological parameters of seeds and their laboratory germination were established (*G. triacanthos* 66%, *G. texana* 50%, *G. triacanthos*, f. *inermis* 63%, *G. caspica* 28%). North American

species (*Gleditsia triacanthos*, *G. triacanthos*, f. *inermis*, *G. texana*) enter the generative stage at 5 years, southern (*G. caspica*) - 8 years. The stability of fruiting is fixed seven years after entering the generative phase. Maximum reduction of fruiting energy in *G. caspica*, which is explained by low indicators of frost resistance and winter hardiness. It was found that the maximum fruit weight is *G. triacanthos* (14.9 g), the yield of pure seeds is 37% of the fruit weight. The seed quality of *Gleditsia triacanthos* in the conditions of chestnut soils of the Volgograd region was noted at a fairly high level (76.8%), which is 26.8 higher than that of *Gleditsia texana* seeds.

Key words: *Gleditsia taxa*, reproductive qualities, seed quality, germination, seedling formation stages.

Citation. Melnik K.A., Khuzhakhmetova A.Sh. Features of fruiting of introduced representatives of the generic *Gleditsia* complex in the age aspect. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 184-193 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-21.

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

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

УДК 631.53

ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОНОШЕНИЯ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДОВОГО КОМПЛЕКСА *GLEDITSIA* В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

К. А. Мельник, аспирант, младший научный сотрудник
А. Ш. Хужахметова, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 18.07.2022

Дата принятия к печати 30.10.2022

Работа выполнена по теме Государственного задания № FNFE-2021-0001
«Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов
хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях
предотвращения деградации и опустынивания территорий»
(Регистрационный номер: 121041200197-8) финансирование
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. Созданные в XX веке искусственные лесонасаждения не выполняют в полной мере своих функций: значительные площади деградированных земель нуждаются в создании лесомелиоративных комплексов. Многолетний опыт интродукционных испытаний показал, что большинство видов деревьев, произрастая в сложных лесорастительных условиях, редко могут быть отнесены к группе деревьев первой величины (высота более 25 м). Засухоустойчивые с оригинальной ажурной кроной представители рода *Gleditsia* – привлекательные древесные виды для задач защитного лесоразведения и озеленения населенных пунктов, включая районы с солонцеватыми почвами. Рациональное применение интродукта в технологиях обогащения возможно при учете его эколого-биологических особенностей в возрастных этапах. **Объекты.** Интродукты *Gleditsia triacanthos*, *G. triacanthos* f. *inermis*, *Gleditsia caspica*, *Gleditsia texana* разного географического происхождения произрастают в условиях каштановых почв (кластерные дендроколлекции ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; кадастр. № 34:36:0000:14:0178). **Материалы и методы.** С целью выделения возрастных периодов учитывались генеративные

процессы и репродуктивная способность интродуцированных растений. Поврежденность семян выявляли по соотношению здоровых семян и семян, пораженных болезнями и вредителями. Прохождение ювенильного этапа фиксировалось в лабораторных условиях. **Результаты и выводы.** Установлены неблагоприятные факторы, определяющие энергию плодоношения и изменчивость морфопараметров семян и их лабораторную всхожесть (*G. triacanthos* – 66 %, *G. texana* – 50 %, *G. triacanthos* f. *inermis* – 63 %, *G. caspica* – 28 %). В генеративный этап североамериканские виды (*Gleditsia triacanthos*, *G. triacanthos*, f. *inermis*, *Gleditsia texana*) вступают в 5 лет, южные (*Gleditsia caspica*) – 8 лет. Стабильность плодоношения фиксируется через семь лет от начала генеративной фазы. Максимальное снижение энергии плодоношения у *G. caspica* объясняется низкими показателями морозоустойчивости и зимостойкости. Установлено, что максимальную массу плода имеет вид *G. triacanthos* (14,9 г), выход чистых семян – 37 %. Отмечена на достаточно высоком уровне (76,8 %) доброкачественность семян у *Gleditsia triacanthos*, что на 26,8 выше, чем у семян *Gleditsia texana*.

Ключевые слова: таксоны *Gleditsia*, плодоношение, репродуктивные качества, доброкачественность семян.

Цитирование Мельник К. А., Хужахметова А. Ш. Особенности плодоношения интродуцированных представителей родового комплекса *Gleditsia* в возрастном аспекте. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 184-193. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-21.

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 критериев отнесения древесных растений к определенному возрастному этапу является способность образовывать генеративные органы. Значительный вклад в изучение жизненных форм и циклов растений внесли Н. П. Кренке, П. Г. Шитт, И. Г. Серебряков, А. П. Хохряков. В их монографических работах показана специфика проявления ростовых процессов в пределах вида в онтогенезе. Установлено, что продолжительность и возраст вступления в определённый жизненный этап (эмбиональный, ювенильный, виргинильный, генеративный, этап старости) зависит от эколого-биологических особенностей и условий местопроизрастания. В оптимальных условиях растения раньше вступают в генеративный этап с обильным цветением, плодоношением и качественными семенами [1, 8, 12]. В связи с этим представляет интерес оценка особенностей и стабильности плодоношения древесных растений, интродуцированных в регион со сложными почвенно-климатическими условиями. Район исследований (Волгоградская область) характеризуется сухим, жарким летом, недостатком осадков, годовой амплитудой температур до 80 °С. В весенне-летний период возникают пыльные бури, наносящие вред растениям и плодородию почвы [4, 5, 7, 11]. Потоки горячего воздуха часто оказывают неблагоприятное или губительное влияние в период цветения и плодоношения растений.

Ареалогический анализ (леса Америки, Закавказья, Восточной Азии) представителей рода *Gleditsia* свидетельствует об их жаро- и засухоустойчивости. *Gleditsia* – растение двудомное, поэтому она легко скрещивается с другими видами, образуя гибриды [6, 9, 10, 13]. Самый распространённый гибрид *Gleditsia texana* (*Gleditsia triacanthos* × *Gleditsia aquatica*). *Gleditsia* распространяется в основном семенами. Неко-

торые авторы отмечают перспективность видов для целей защитного лесоразведения и озеленения благодаря их декоративным, мелиоративным и другим хозяйственно ценным качествам [2, 3, 14].

Цель исследований – выявить особенности плодоношения интродуцированных представителей родового комплекса *Gleditsia* для их селекционного семеноведения в условиях каштановых почв.

Материалы и методы Объекты исследования (рисунок 1), произрастают в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (таблица 1).

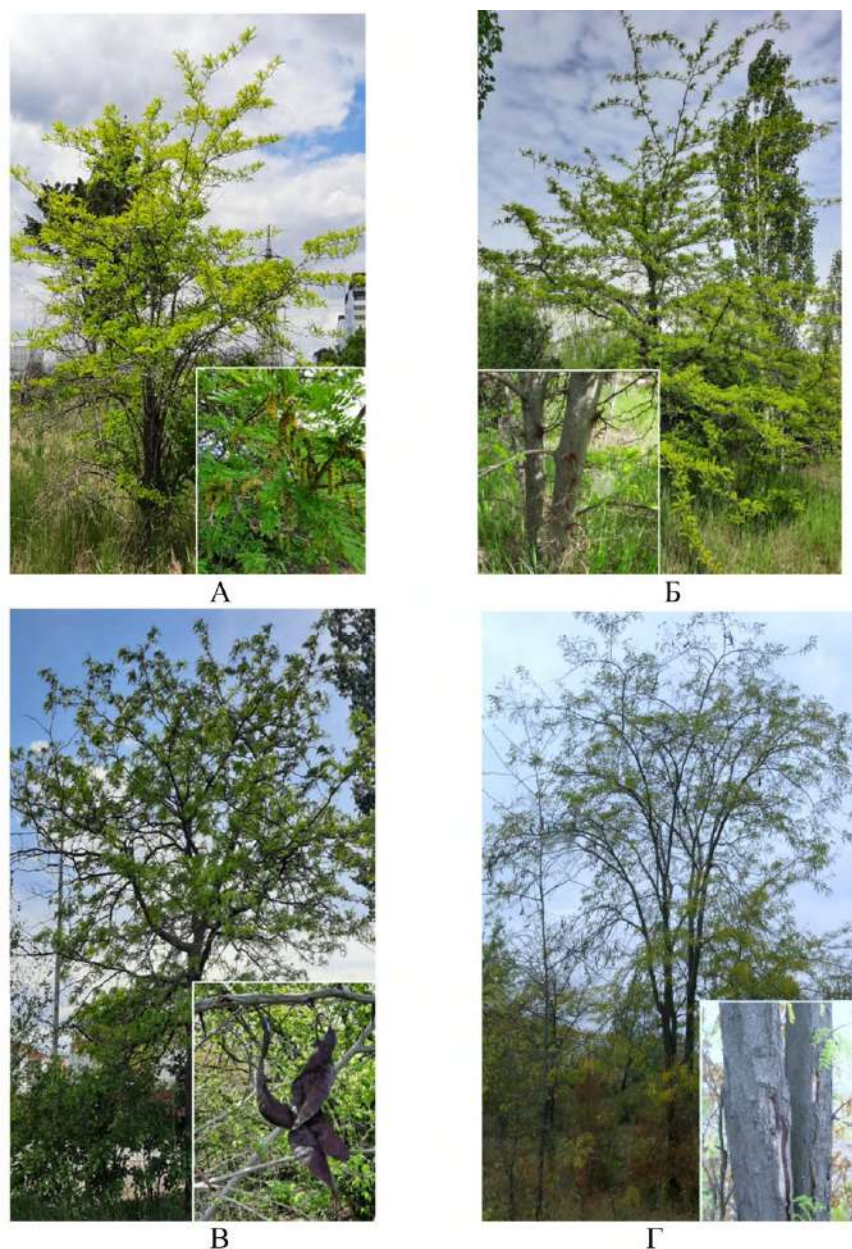


Рисунок 1 – *Gleditsia triacanthos* (А), *Gleditsia texana* (Б), *Gleditsia caspica* (В),
Gleditsia triacanthos, f. *inermis* (Г)

Figure 1 – *Gleditsia triacanthos* (A), *Gleditsia texana* (B), *Gleditsia caspica* (C),
Gleditsia triacanthos, f. *inermis* (D)

Таблица 1 – Почвенно-климатическая характеристика родового
комплекса *Gleditsia*

на кластерных участках ФНЦ агроэкологии РАН

Table 1 – Soil and climatic characteristics of the *Gleditsia* generic complex
in cluster sites of the Federal Research Center
of Agroecology of the Russian Academy of Sciences

Характеристика	
Средняя годовая температура воздуха °С	8,1
Максимальная / Минимальная температура °С	+ 43°С / -37°С
Осадки, мм	240 - 400 мм
Тип почв	каштановые, светло-каштановые
% гумуса	1,5-2,5
Средняя скорость ветра, м/с	5,0

Для оценки устойчивости плодоношения (соотношение урожайных и неурожайных лет) растения распределяли по группам. По Н. Е. Булыгину (1991) растения I группы отличаются очень устойчивым плодоношением (ежегодные высокие урожаи), II – устойчивым (урожайные > неурожайные), III – относительно устойчивым (урожайные = неурожайные), IV – неустойчивым (урожайные < неурожайные), V – крайне неустойчивым (отсутствует или крайне редко плодоносят). Процент поврежденных семян болезнями и вредителями определялся по соотношению полноценных вызревших семян и пораженных семян; показатели доброкачественности семян – ГОСТ 13056.8-97), жизнеспособность – ГОСТ 13056.7-93. Изучение ювенильного этапа проводилось в лабораторных условиях. Некоторые авторы [2, 9] отмечают, что семена рода *Gleditsia* имеют водонепроницаемую и твердую семенную оболочку, которая ограничивает поступление воды и воздуха к зародышу.

С учетом этих особенностей перед посевом семена подверглись 5-кратной кратковременной обработке горячей водой (80 °С, экспозиция 5 минут). Результаты обработки в программе Excel.

Результаты и обсуждение. Интродуцированные виды *Gleditsia triacanthos*, *Gleditsia triacanthos*, f. *inermis*, *G. caspica* в условиях Волгоградской области вступают в генеративный этап онтогенеза в возрасте 5 лет, *Gleditsia texana* – в 8-летнем возрасте. Устойчивое плодоношение наблюдается через 2-3 года. На этом этапе репродуктивная способность как биологическое свойство реализовывалась под влиянием условия внешней среды по-разному.

Цветение всех видов в условиях сухой степи приурочено к летнему периоду, когда сумма положительных температур накапливается до 1340 °С. Начало цветения видов наступает в I декаде июня, а конец цветения – во II декаде июня. Длительное массовое цветение происходит у *G. caspica* (рисунок 2).

Погодные условия в период цветения и созревания семян играют определяющую роль. Вид *Gleditsia triacanthos* и его форму можно отнести к I группе растений (с ежегодным обильным плодоношением). *Gleditsia caspica*, находясь на северной границе своего ареала, проявила низкие показатели морозоустойчивости и зимостойкости, что отразилось на стабильности плодоношения (III группа).

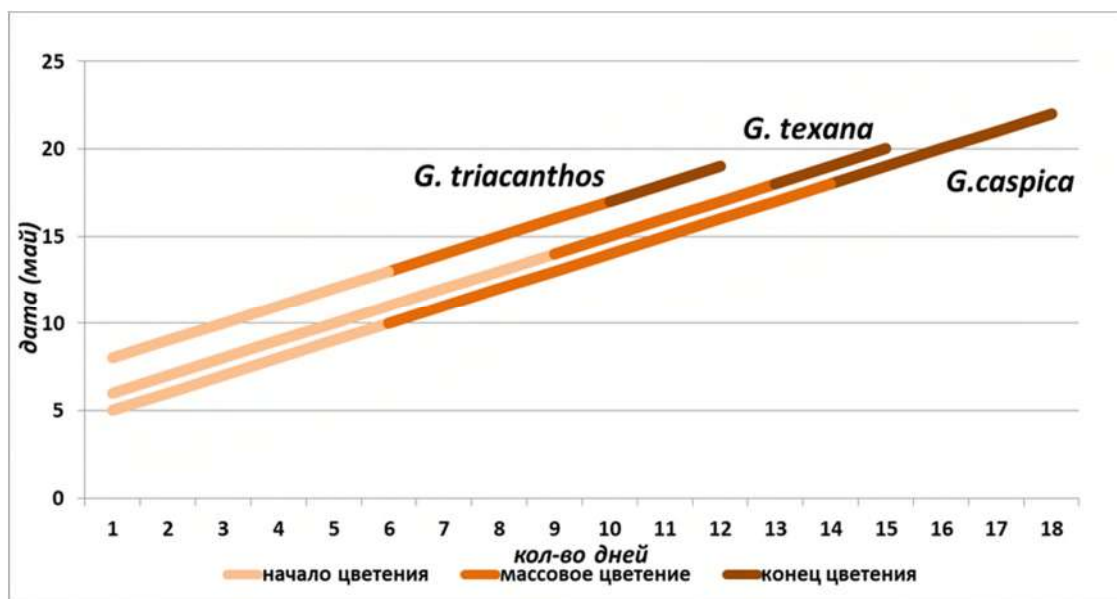


Рисунок 2 – Календарь цветения различных видов за 2019-2022 гг.

Figure 2 – The flowering calendar of various species for 2019-2022.

Оценка потенциальной и фактической семенной продуктивности показала, что наиболее чувствительны *G. caspica* (рисунок 3).

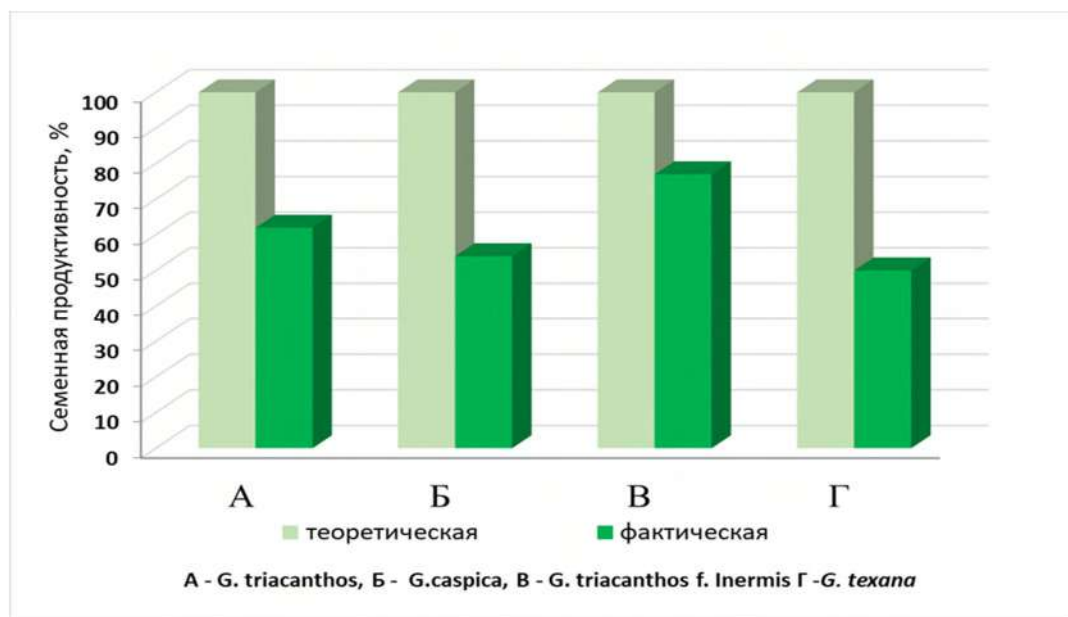


Рисунок 3 – Динамика семенной продуктивности представителей *Gleditsia*

Figure 3 – Dynamics of seed productivity of *Gleditsia* representatives

Образование генеративных органов *Gleditsia* в год цветения позволяет снизить отрицательное воздействие отдельных факторов.

В неблагоприятные годы минимальное снижение энергии плодоношения было обнаружено у *G. triacanthos* и *G. triacanthos*, f. *inermis* (на 5,0-5,4 %), максимальное – у *G. caspica* (таблица 2).

Таблица 2 – Снижения энергии плодоношения у представителей рода *Gleditsia* (%)
за 2019-2022 гг.

Table 2 – Decrease in fruiting energy in representatives
of the genus *Gleditsia* (%) for 2019-2022

Причина	<i>Gleditsia triacanthos</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i> , <i>f. Inermis</i>	<i>Gleditsia texana</i>	<i>Gleditsia caspica</i>
Повреждение побегов низкими температурами	0,3/15,2*	0,2/16,4*	0,8/20,2*	7,1/26,3*
Осыпание генеративных органов под воздействием ветра	0,7/4,8*	0,9/5,3*	0,4/5,6*	2,3/6,7*
Осыпание генеративных органов под воздействием засухи	1,1/3,6*	1,0/5,2*	1,2/5,8*	0,6/10,1*
Из-за повреждений болезнями и вредителями	1,2/1,2*	1,3/1,4*	1,4/3,2*	3,6/2,1*
Отсутствие устойчивого плодоношения у видов с присущим им периодичностью цветения, не зависящего от погодных условий	1,7/5,2*	5,4/7,1*	6,3/23,1*	0,5/31,6*

*частота повторений (%)

Морфобиологические исследования отобранных образцов показали, что плоды являются типичными для рода *Gleditsia*. Максимальное количество семян в одном плоде было обнаружено у *G. triacanthos f. inermis* и *G. triacanthos* (24 шт.). Средняя численность семян – 19 шт. (рисунок 4).

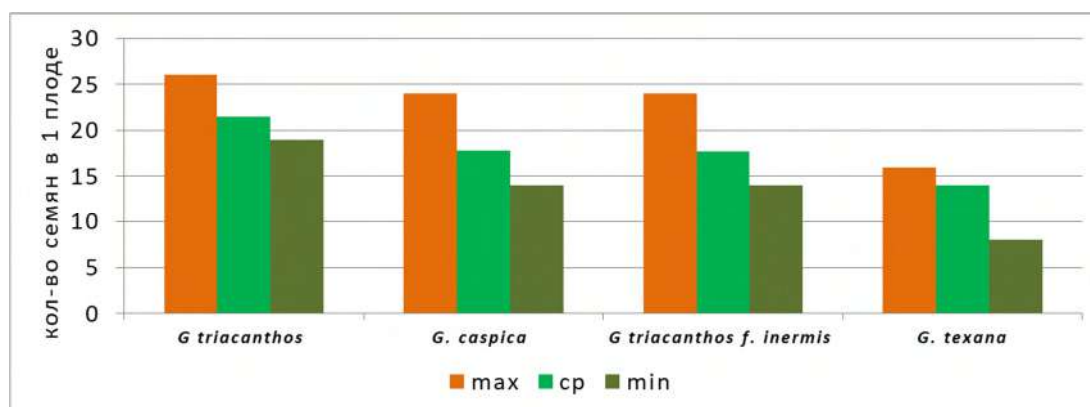


Рисунок 4 – Диаграмма распределения значений количества семян в одном плоде (г)

Figure 4 – Diagram of the distribution of the values of the number of seeds in one fruit (g).

Установлено, что максимальная масса плода *Gleditsia triacanthos* составляет 14,9 г, выход чистых семян – 37 % от массы плодов (рисунок 5).

Было установлено, что быстрее развиваются семена *Gleditsia caspica*. Летний период 2020 года стал для региона засушливым, наибольшее влияние данные климатические условия оказали на *G. caspica*, у этого вида семена были более повреждены, чем у других исследуемых таксонов.

В условиях каштановых почв региона интродукционного испытания показатели доброкачественности семян у *Gleditsia triacanthos* на достаточно высоком уровне (76,83 %) по сравнению с показателями семян у *Gleditsia texana*, (46,82 % , таблица 3).

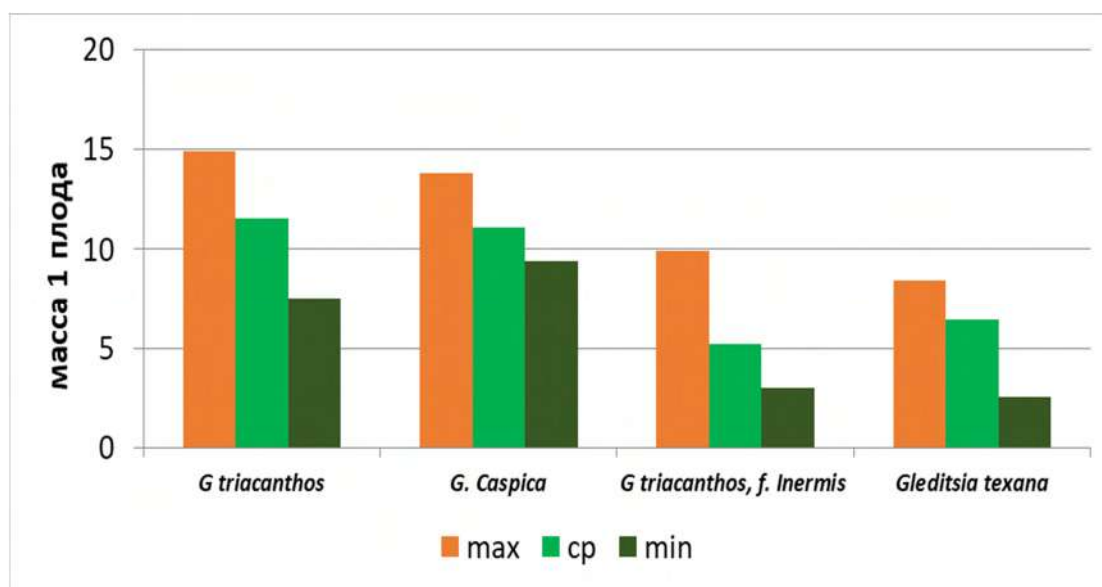


Рисунок 5 – Диаграмма распределения значений по массе плода (г)

Figure 5 – Diagram of the distribution of values by weight of the fetus (g)

Таблица 3 – Оценка качества и плодоношения видов рода *Gleditsia*

Table 3 – Assessment of the quality and fruiting of species of the genus *Gleditsia*

Вид, форма	Доброкачественность семян, %	Плодоношение, балл
<i>Gleditsia caspica</i>	36,25 (± 4,09)	3,92 (± 0,18)
<i>Gleditsia texana</i>	46,82 (± 3,84)	2,42 (± 0,19)
<i>Gleditsia triacanthos</i>	76,83 (± 3,12)	4,72 (± 0,12)
<i>Gleditsia triacanthos, f. inermis</i>	66,72 (± 3,73)	4,22 (± 0,15)

При ошпаривании семян *Gleditsia* равномерно набухали семена *G. caspica*. Больше всего количество набухших семян было у *Gleditsia triacanthos*, *Gleditsia triacanthos, f. inermis*. Семена начинают прорастать при температуре +22,5 °C. Интенсивный рост зародышевого корешка происходит в первые 6-10 суток.

Срок от появления первых до массовых всходов гледичии составляет 2-3 недели. Сеянцы у *Gleditsia triacanthos* сформировались позже на 72 часа, чем у *Gleditsia caspica*. Темпы роста сеянцев *Gleditsia texana* в два раза интенсивнее по сравнению с другими видами (таблица 4).

Таблица 4 – Стадии формирования сеянцев *Gleditsia*

Table 4 – Stages of formation of *Gleditsia* seedlings

Стадии формирования сеянцев	<i>Gleditsia texana</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i>	<i>Gleditsia caspica</i>
1*	30.V	3.VI	30.V
2	31.V	4.VI	31.V
3	2.VI	6.VI	4.VI
4	4.VI	11.VI	6.VI
5	8.VI	13.VI	10.VI

*1 – Появление гипокотилия, 2 – Появление закрытых семядолей, 3 – Открытие семядолей, 4 – Появление двух настоящих листьев, 5 – Появление 4 настоящих листьев.

Температурный режим формирует интенсивный процесс фотосинтеза семян *Gleditsia*, что воздействует на развитие и рост растений. Оптимальная температурная амплитуда для всех семян *Gleditsia* составляет от +20 до +24 °С. Энергия прорастания семян угасает при последующем увеличении и понижении температуры. В период повышения температуры воздуха до 24 °С максимальные темпы роста были отмечены у *Gleditsia caspica*. Рост семян видов рода *Gleditsia* существенно замедлялся при температуре +35 °С.

Быстрым ростом в первые дни жизни обладали семена *Gleditsia texana*. Северные виды, произрастающие в сухих условиях с легкими почвами, отличались максимальным ростом. У *Gleditsia caspica* первые настоящие листья развивались раньше, чем семядоли успели полностью раскрыться.

Выводы. Установлена дифференциация интродуцированных видов форм рода *Gleditsia* по стабильности плодоношения: I (с ежегодным обильным плодоношением *G. triacanthos*) и III группа растений (относительно стабильное плодоношение, *G. caspica*). Минимальное снижение энергии плодоношения было обнаружено у *G. triacanthos* и *G. triacanthos*, f. *inermis* (5-5,4), максимальное – *G. caspica*, что объясняется низкими показателями морозоустойчивости и зимостойкости. Низкий балл плодоношения у *G. texana* (2,42) обуславливается присущим им периодичностью цветения.

На основе органогенеза семян и биометрических наблюдений определена репродуктивность представителей рода *Gleditsia*. Этапы формирования семян различных видов рода *Gleditsia* имеют практическое значение при разработке технологий выращивания растений в сухостепных условиях.

Высокую всхожесть имеют семена *G. triacanthos*. Из-за высокой температуры и дефицита воды в засушливые годы семена *G. caspica* больше всех пострадали от вредителей и болезней. Динамично прорастают семена североамериканских видов рода *Gleditsia*. Во время эксперимента все семена сохранили семядоли. Установлена оптимальная температура почвы (20-24 °С) для прорастания семян.

Семена *Gleditsia* благодаря прочной оболочке имеют длительный срок хранения и жизнеспособности. Благодаря данным качествам семена можно внести в генетический банк семян с сроком хранения до 10 лет.

Библиографический список

1. Антонова И. С. О системе уровней строения кроны деревьев умеренной зоны // Ботанический журнал. 2016. № 6. С. 628-649.
2. Семенютина А. В., Мельник К. А. Генеративные и репродуктивные качества у таксонов рода *Gleditsia* в засушливых условиях // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2021. Т. 11. № 1. С. 88-102.
3. Семенютина А. В., Мельник К. А. Стадии формирования семян различных видов рода *Gleditsia* в сухостепных условиях // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2021. Т. 12. № 2. С. 52-63.
4. Степанова Н. Е. Контроль, экологическая оценка и восстановление нарушенных земель Волгоградской области // Успехи современного естествознания. 2018. № 4. С. 155-159.
5. Abebe A. M., Arega B. B. Spatial and temporal drought incidence analysis in the northeastern highlands of Ethiopia // Geoenvironmental Disasters. 2020. V. 10. P. 1-17.
6. Agostina L., Ferreras A. E., Funes G. Seed size and seedling ontogenetic stage as modulators of damage tolerance after simulated herbivory in a woody exotic species // Australian Journal of Botany. 2019. V. 67. P. 159-164.
7. Camarero J., Rubio-Cuadrado A. Relating climate, drought and radial growth in broadleaf mediterranean tree and shrub species: A new approach to quantify climate-growth relationships // Forests. 2020. V. 11. P. 1-22.

8. Comparing fruiting phenology across two historical datasets: Thoreau's observations and herbarium specimens / T. Miller, S. Gallinat, C. Smith, B. Primack // *Annals of Botany*. 2021. V. 128. P. 159-170.
9. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas / P. Csontos, T. Kalapos, T. Faradhimu, T. Hardi, J. Tamas // *Biologia Futura*. 2020. V. 71. P. 81-91.
10. Effects of dormancy-breaking methods on germination of the water impermeable seeds of *Gleditsia caspica* (Fabaceae) and seedling growth / K. Nourmohammadi, D. Kartoolinejad, R. Naghdi, C. Carol // *Folia Oecologica*. 2019. V. 46. P. 115-126.
11. Global patterns of tree species biomass distribution with different shade and drought tolerance: evidence for multiple strategies / G. Puglielli, L. Laanisto, H. Poorter, U. Niinemets // *New Phytologist*. 2021. V. 229. P. 308-322.
12. Ramirez N., Briceno H. Ecology of morphological fruit types, and fruit and seed colors in 27 Venezuelan plant communities // *Acta Oecologica*. 2021. V. 117. P. 1-25.
13. Tognetti P. M., Mazia N., Ibáñez G. Seed local adaptation and seedling plasticity account for *Gleditsia triacanthos* tree invasion across biomes // *Annals of Botany*. 2019. V. 124. P. 307-318.
14. Zhang M., Yi X. Seedling recruitment in response to artificial gaps: predicting the ecological consequence of forest disturbance // *Plant Ecology*. 2021. V. 222. P. 81-92.

Информация об авторах

Мельник Кристина Андреевна аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений. Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0002-7103-6436, e-mail: melnik-k@vfanc.ru

Хужахметова Алия Шамильевна, ведущий научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений, кандидат сельскохозяйственных наук. Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0001-5127-8844, e-mail: avfanc@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-22

THE PROSPECTS OF CULTIVATING SWEET PEPPER IN A SEEDLESS WAY IN THE VOLGA DELTA

M. V. Mukanov, A. V. Gulin, A. I. Kiselev, A. S. Karakadzhiev

All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

Received 09.09.2022

Submitted 30.11.2022

Abstract

Introduction. The purpose of the work is to study the effect of plant density with a seedless growing method on yield and to give an assessment when compared with a seedling crop. **Materials and methods.** The object of study was a new variety of sweet pepper Zarnitsa. Biometric measurements characterizing the development of plants depending on the density of standing on 1 ha were carried out. The assessment of the content of basic chemicals (the sum of sugars, ascorbic acid, dry matter) is given. The influence of the density of standing plants on the yield of the crop has been studied. **Results and conclusions.** As a result of the research, it was found that the cultivation of sweet peppers of variety «Zarnitsa» in a seedless crop with drip irrigation with different plant stand density per 1 ha (68 – 120 thousand), the largest increase in yield was obtained with a standing density of 120 thousand plants and amounted to 43.8 t/ha, which is more than in a seedling culture by 16.t/ha. Regardless of the method of cultivation, an increase in plants by 1 ha in-

creased the yield of the crop. At the same time, the increase in yield varied from 6.1 t/ha to 10.2 t/ha. The content of the main chemicals, regardless of the method of cultivation, was higher in the density of plants 96.0 thousand /ha.

Key words: *sweet pepper, growing method, seedless crop, variety, standing density, biometric indicators, basic biochemical composition, yield.*

Citation. Mukanov M.V., Gulin A.V., Kiselev A.I., Karakadzhiev A.S. Prospects of cultivating sweet pepper in a seedless way in the Volga Delta. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 193-200 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-22.

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 635.649(470.44/.47)

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПЕРЦА СЛАДКОГО БЕЗРАССАДНЫМ СПОСОБОМ В ДЕЛЬТЕ ВОЛГИ

М. В. Муканов, младший научный сотрудник

А. В. Гулин, кандидат сельскохозяйственных наук

А. И. Киселев, младший научный сотрудник

А. С. Каракаджиев, младший научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства
и бахчеводства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Прикаспийский аграрный федеральный научный центр
Российской академии наук», г. Камызяк, Астраханская обл., Россия*

Дата поступления в редакцию 09.09.2022

Дата принятия к печати 30.11.2022

Аннотация. Цель работы – изучить влияние густоты растений при безрассадном способе выращивания на урожайность и дать оценку в сравнении с рассадной культурой. **Материалы и методы.** Объектом изучения был взят новый сорт перца сладкого Зарница. Проведены биометрические измерения, характеризующие развитие растений в зависимости от густоты стояния на 1 га. Дана оценка содержания основных химических веществ (сумма сахаров, аскорбиновой кислоты, сухое вещество). Изучено влияние густоты стояния растений на выход урожая. **Результаты.** В результате проведенных исследований было установлено, что выращивание перца сладкого сорта Зарница в безрассадной культуре при капельном орошении с разной густотой стояния растений на 1 га (68 – 120 тыс.) перспективно. Наибольшая прибавка урожая была получена при густоте стояния 120 тыс. шт. растений, она составила 43,8 т/га, что больше, чем в рассадной культуре на 16 т/га. **Выводы.** Независимо от способа выращивания увеличение растений на 1 га повышало выход урожая. При этом прибавка урожая варьировала от 6,1 т/га до 10,2 т/га. Содержание основных химических веществ, независимо от способа выращивания, более высоким было при густоте стояния растений 96,0 тыс. /га.

Ключевые слова: *перец сладкий, технологии возделывания перца сладкого, безрассадная культура, сорта перца сладкого, густота стояния растений перца, урожайность перца сладкого.*

Цитирование Муканов М. В., Гулин А. В., Киселев А. И., Каракаджиев А. С. Перспективность возделывания перца сладкого безрассадным способом в дельте Волги. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 193-200. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-22.

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. Перец сладкий – одна из наиболее богатых по витаминному составу овощных культур. К основным достоинствам плодов перца можно отнести высокое содержание комплекса витаминов, сахаров, минеральных солей, положительно влияющих на здоровье человека. Плоды перца особенно богаты витамином С, по его содержанию они значительно превосходят многие овощные культуры. На повышение биологической активности витамина С, возможности сохранения его при переработке и хранении оказывают влияние Р-активные вещества (рутин), содержащиеся в плодах перца [9]. Перец сладкий является довольно распространенной овощной культурой и выращивается на больших площадях в открытом грунте южной зоны РФ, в том числе и в дельте Волги.

В последние годы спрос населения на плоды перца сладкого значительно возрос, но он не удовлетворяется в полной мере. Трудоемкость технологии возделывания этой культуры связана с применением рассадного способа, которым перец повсеместно выращивают. Для увеличения производства перца необходимо значительно улучшить агротехнику возделывания этой культуры [3]. Длительный безморозный период и поливное земледелие в дельте Волги благоприятствуют широкому возделыванию этой культуры и позволяют выращивать перец прямым посевом семян в открытый грунт, но этот способ все еще не получил должного распространения в производственных условиях региона [11]. Расширение посевов безрассадного выращивания перца сладкого сдерживало применение полива методом дождевания. Агротехника безрассадного выращивания перца имеет определенные трудности, где слабыми сторонами являются прежде всего получение дружных всходов и защита молодых растений от сорняков. При поливе дождеванием получить дружные всходы довольно проблематично. Семена перца, посеянные непосредственно в открытый грунт, могут вымываться под напором воды, на поверхности почвы образуется корка, а сплошной полив площади посевов способствует интенсивному развитию сорной растительности. Использование капельного орошения, которое в настоящее время является основным в технологии возделывания большинства овощных культур в засушливой зоне дельты Волги, имеет преимущества при прямом посеве семян перца в открытый грунт. При капельном орошении полив осуществляется небольшими нормами, для равномерного увлажнения почвы в зоне рядка. С учетом того, что в этом случае почва смачивается только в зоне рядка шириной 20-25 см, а остальная остается сухой, сорняки в междурядьях появляются намного реже, чем при дождевании [2]. Получение дружных и выровненных всходов зависит также от качества посевного материала. Семена должны иметь высокую энергию прорастания и всхожесть. Для повышения качества семян имеются различные способы предпосевной обработки, включающие замачивание или обработку семян растворами регуляторов роста.

Отрасль овощеводства является достаточно энергоемкой, а современные экономические условия, в которых она находится, требуют поиска новых технологий, способствующих сокращению затрат [1]. С учетом перспектив выращивания перца в почвенно-климатических условиях дельты Волги целью исследований явилось изучение различных элементов в технологии возделывания при капельном орошении.

Новизна работы. Разработка безрассадного способа выращивания с одновременным изучением густоты стояния растений на одном гектаре для нового сорта Зарница в условиях дельты Волги Астраханской области изучалось впервые.

Цель работы. Изучение влияний густоты стояния растений перца сладкого в зависимости от способа выращивания на урожай.

Задачи исследований:

- изучение способа выращивания на динамику развития растений и выход урожая;
- оценка влияния способа выращивания на основной химический состав в плодах перца сладкого.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства. Почвы опытного участка характеризовались среднесуглинистым гранулометрическим составом с сульфатно-хлоридным типом засоления, среднее содержание гумуса в пахотном слое 1,9 – 2,1 %. Объектом исследования был взят новый сорт перца сладкого селекции института Зарница. Предварительно на участке были внесены минеральные удобрения в дозе $N_{120}P_{90}K_{60}$. При возделывании перца сладкого безрассадным способом, т.е. прямым посевом семян в открытый грунт, необходимо учитывать, что растения перца проявляют исключительно высокую требовательность к температуре. Для прорастания семян необходима минимальная температура +13-14 °C, поэтому температура почвы к моменту посева семян в открытый грунт должна быть не ниже этого предела. Оптимальная температура для прорастания семян и появления дружных всходов +22-25 °C. В период прорастания семян влажность почвы должна поддерживаться на уровне 80-90 % НВ [9]. Согласно средним многолетним данным метеорологических условий, в дельте Волги такие температурные показатели устанавливаются в первой декаде мая. При выращивании перца рассадной культурой (контроль), посев семян в пленочной обогреваемой теплице был проведен в третьей декаде марта. Высадка рассады в открытый грунт проводилась при достижении среднесуточной температуры на глубине посадки 10-12 °C. В почвенно-климатических условиях дельты Волги такая температура наступает в конце апреля – первой декаде мая.

Рассаду перца высаживали в возрасте 30 – 35 суток. Ширина между рядами капельных лент 1,4 м, расстояние между растениями согласно схеме опыта. Поддержание почвы в зоне рядка во влажном состоянии проводилось с помощью капельного полива.

Уборку урожая проводили вручную, выборочно, по мере созревания плодов.

При проведении исследований руководствовались общепринятыми методиками полевого опыта [4]. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с методикой полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве (Б. Ф. Белик, 1992 г.). Площадь делянки – 56 м², учетной – 28 м². Повторность четырехкратная. Учет урожая проводился путем взвешивания с разбором по фракциям.

Содержание сухих веществ определяли методом сушки образцов до постоянного веса при 105 °C в соответствии АОАС., аскорбиновую кислоту определяли по методике титрования 2,6 дихлорфенол-индофенолом, содержание сахара – с помощью рефрактометра.

В нашем опыте семена перца сладкого были посеяны в открытый грунт в конце первой декады мая при среднедекадной температуре воздуха 17,4-18,6 °C. Поддержание почвы в зоне рядка во влажном состоянии при помощи капельного орошения не способствовало образованию почвенной корки над семенами, создавая благоприятные условия для получения дружных всходов.

Учет урожая проводился путем взвешивания плодов, с разбором по фракциям.

Результаты и обсуждение. Как известно, одним из итоговых показателей полевого опыта является определение эффективности изучаемых приемов возделывания перца сладкого, т. е. его урожайность. А экономическая эффективность в свою очередь во многом зависит от качества и количества урожая.

Как показывают проведенные исследования, у растений перца сладкого, выращенных непосредственным посевом в грунт, проявились некоторые изменения биометрических признаков в сравнении с рассадными перцами и густотой стояния растений на 1 га. При наблюдении за ростом растений по фазам развития из таблицы 1 видно, что независимо от способа выращивания, фазы развития растений наибольший рост был отмечен при густоте стояния 120 тыс. шт. на гектар. Увеличение растений на 1 га в 1,8 раза оказывало влияние и на высоту растений. В фазе бутонизации в рассадной культуре рост растений с увеличением густоты повышался в 1,1-1,2 раза. К моменту массового плодоношения рост растений увеличился по сравнению с фазой бутонизации в 1,7–1,9 раза. Такая же закономерность отмечена и в безрассадной культуре. Но надо отметить, что, независимо от фазы развития растений, размер кустов в безрассадной культуре был выше, чем в рассадной. Мы считаем, что это происходит благодаря стержневому развитию корневой системы, так как она полнее обеспечивает растение питательными веществами, чем мочковатая корневая система.

Количество листьев на растениях с увеличением густоты стояния независимо от способа выращивания и густоты стояния снижалось. Это объясняется тем, что с увеличением количества растений на 1 га происходило уменьшение площади питания, при этом у растений происходило увеличение высоты, но в то же время снижалось количество листьев (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние агроприемов на биометрические показания

Table 1 – The impact of agricultural practices on biometric readings

Способ выращивания	Густота стояния растений, тыс. шт./га					
	Высота растений, см			количество листьев, шт.		
	68	96	120	68	96	120
Фаза бутонизации						
Рассадный	28,1	29,4	33,1	34,0	27,0	21,0
Безрассадный	31,3	33,6	35,4	42,0	31,0	29,0
Начало плодообразования						
Рассадный	51,2	53,4	54,6	49,0	3,0	29,0
Безрассадный	56,1	58,3	59,4	71,0	54,0	43,0
Массовое плодоношение						
Рассадный	52,6	55,4	58,2	54,0	39,0	31,0
Безрассадный	58,6	61,2	63,2	79,0	61,0	53,0

Как известно, отдача урожая растений зависит, в том числе от его размера. И, как было указано выше, более развитый куст перца сладкого был при безрассадной культуре, а соответственно, урожай с одного куста, и в итоге и с 1 гектара был выше при безрассадном способе выращивания. Но, независимо от способа выращивания, на конечный результат влияла и густота стояния растений. Анализируя таблицу 2, видим, что при выращивании перца сладкого Зарница наибольший урожай был получен при безрассадной культуре и превышал рассадный способ в зависимости от густоты стояния на 2,0–4,9 т/га. В разрезе

способа выращивания прибавка урожая к контролю (68, 0 тыс. шт.) составила от 21,2 % до 31,0 %. В безрассадном способе выращивания с увеличением густоты стояния растений прибавка урожая к контролю варьировала от 18,7 до 30,4 % (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность перца сладкого сорта Зарница в зависимости от способа выращивания и густоты стояния растений на 1 га

Table 2 – Yield of pepper of the sweet variety Zarnitsa, depending on the method of cultivation and the density of standing plants per 1 ha

Способ выращивания	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
Рассадный	68 – контроль	28,7	-	-
	96	34,8	6,1	21,2
	120	37,6	8,9	31,0
Безрассадный	68 – контроль	33,6	-	-
	96	39,9	6,3	18,7
	120	43,8	10,2	30,4

Но недостаточно получить высокий урожай, важно, чтобы он был высокого качества. Как известно, основным фактором, оценивающим качество плодов, является содержание в нем сухих веществ, суммы сахаров, а для плодов перца сладкого большое значение имеет и аскорбиновая кислота. Как показывают данные таблицы 3, наибольшее содержание основных химических веществ было при выращивании перца в безрассадной культуре и, независимо от способа выращивания, при густоте стояния растений 120 тыс. шт. на 1 га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние густоты стояния и способа выращивания на основной химический состав плодов перца сорта Зарница

Table 3 – The effect of the density of standing and the method of cultivation on the basic chemical composition of pepper fruits of the Zarnitsa variety

Способ выращивания растений	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Показатели		
		Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг%
Рассадный	68 - контроль	5,18	9,08	161,9
	96	5,36	8,32	172,5
	120	5,48	8,36	176,1
Безрассадный	68 - контроль	5,60	9,48	163,7
	96	5,96	9,24	183,2
	120	6,13	9,54	185,1

При плотности выращивания 120 тыс./га накопление аскорбиновой кислоты было выше в рассадном способе выращивания на 14,2 мг%, а в безрассадном – на 21,4 мг%.

Сорт перца сладкого Зарница по сроку созревания относится к группе раннеспелых, период от всходов до технической спелости составляет 105-110 дней. По габитусу куста – среднерослый, куст полуштамбовый, слабооблиственный, высотой 0,4-0,45 м. Лист зеленый, среднего размера, слабоморщинистый. Плод конусовидной формы,

глянцевый. Окраска плода в технической спелости зеленовато-белая, в биологической спелости – красная. Средняя масса плода – 145 г. Толщина стенки – 6-7 мм. Урожайность – 50-55 т/га.

При безрассадном способе выращивания у растений перца было отмечено сокращение периода всходы – биологическая спелость плодов в сравнении с рассадными растениями. Продолжительность периода всходы – цветение составляла 41-45 дней у безрассадных перцев против 49-51 день у рассадных. Период всходы – начало плодоношения был на 19-21 день короче у безрассадных перцев в сравнении с рассадной культурой. Следовательно, при выращивании перца безрассадным способом у растений отмечается более быстрое прохождение основных фаз развития и сокращение периода до начала плодоношения. С учетом большого забега в развитии рассадных растений, плодоношение безрассадных растений начиналось на 15-17 дней позднее, чем при высадке рассадой, но продолжалось дольше, практически до заморозков.

Выводы. Таким образом, при выращивании перца сладкого на капельном орошении при густоте стояния растений от 68 (контроль) до 120 тыс. шт. на 1 га установлено, что наибольшая прибавка урожая была при выращивании безрассадным способом и варьировала, в зависимости от густоты стояния, от 33,6 до 43,8 т/га, а в рассадной культуре – от 28,7 до 37,6 т/га. Помимо повышения урожайности при густоте стояния 120 тыс. шт. /га, независимо от способа выращивания, отмечены лучшие показатели содержания основных химических веществ в плодах. Кроме того, перспективность безрассадного способа выращивания перца в открытом грунте определяется тем, что дает возможность избежать наиболее трудоемкой технологической операции – выращивания рассады и, в конечном итоге, снизить затраты при возделывании, увеличить количество продукции этой ценной овощной культуры. При сочетании безрассадного способа возделывания перца с рассадной культурой появляется возможность расширения посевной площади, при этом удлиняется период поступления свежей продукции перца сладкого из открытого грунта, что позволяет равномерно и более продолжительное время снабжать население и консервную промышленность ценным сырьем.

Библиографический список

1. Гиль Л. С., Дьяченко В. И., Пашковский А. И. Современное промышленное производство овощей и картофеля с использованием систем капельного орошения. Издательство «Рута», 2007. 370 с.
2. Иванова В. М. Рост сельскохозяйственного производства, как фактор развития пищевой промышленности и пищевого рынка // Пищевая промышленность. 2016. № 2. С. 8-11.
3. Киселева Н. Н., Бочаров В. Н., Соколова Г. Ф. Агротехника перца сладкого при капельном орошении // Картофель и овощи. 2010. № 4. С. 9-11.
4. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 650 с.
5. Мягкова Е. Г. Адаптивность сортов перца сладкого при возделывании в почвенно-климатических условиях Астраханской области // Вестник российского университета дружбы народов. 2021. № 1 (16). С. 30-41.
6. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России / А. В. Солдатенко, А. Ф. Разин, В. Ф. Пивоваров, М. В. Шатилов, М. И. Иванова, О. В. Россинская // Овощи России. 2019. № 2. С. 9-15.
7. Оценка адаптивности сортов и гибридов сладкого перца и баклажанов в условиях капельного орошения Астраханской области / Н. В. Тютюма, А. Н. Бондаренко, Т. В. Мухортова, С. А. Койка // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2016. № 1 (26). С. 9-15.

8. Результаты и перспективы Астраханской селекции овощных и бахчевых культур / О. П. Кигашпаева, А. В. Гулин, Р. Х. Капанова, С. А. Володина // Овощи России. 2021. № 6. С. 16-21.
9. Ушачев И. Г., Чекалин В. В. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. С. 3-8.
10. Шонкуров Т. З., Дышеко А. Х. Особенности капельного орошения овощных культур // Материалы Международной научно практической конференции. Петрозаводск, 2020. С. 235-239.
11. Элементы технологии возделывания овощных культур (томат, огурец, перец) в Астраханской области: монография / Ш. Б. Байрамбеков, В. Н. Бочаров, Н. Н. Киселева, Г. Ф. Соколова [и др.]. Астрахань, 2017. С. 40-52.

Информация об авторах

Муканов Михаил Владимирович, младший научный сотрудник, заведующий отделом агротехнологии и мелиорации ВНИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) ORCID 0000-0003-1751-7340 e-mail: vniiob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, ведущий научный сотрудник, директор ВНИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-6000-5311 e-mail: vniiob@mail.ru

Киселев Алексей Иванович, младший научный сотрудник отдела агротехнологии и мелиорации ВНИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16) e-mail: vniiob@mail.ru

Каракаджиев Алтынбек Сансызбаевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), аспирант, ORCID 0000-0001-7572-3578 e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-23

PRODUCTIVITY OF USE OF MOISTURE WHEN SPINTING EARLY POTATOES UNDER THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

I. A. Gushchina, A. D. Akhmedov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian

Received 18.07.2022

Submitted 17.09.2022

Summary

Water-saving technologies for watering early potatoes with modern sprinkler equipment in the conditions of the Volgograd region are analyzed. The experimental data obtained prove that the water consumption for obtaining 1 ton of potatoes has a positive effect on the water regime of the soil and fertilizers. All this makes it possible to increase the efficiency of irrigation water use and the productivity of its use when growing 1 ton of potatoes.

Abstract

Introduction. To increase the yield of potatoes, special attention should be paid to the introduction on a large scale of scientifically based systems of irrigated agriculture, intensive technologies that allow obtaining the planned yield of potatoes with sprinkling. In this regard, the main criterion for efficiency in the cultivation of early potatoes using sprinkling is the size of the crop and water consumption per unit of production. **Object.** The object of the study is a water-saving technology for growing spring planting of potatoes of the «BP 808» variety on light chestnut soils of the Volgograd region using a sprinkling machine «Valley». **Materials and methods.** For three years (2018-2021), annually, in order to obtain a potato yield of 15-25 t/ha, a two-factor experiment was carried out on the territory of the village of Regional, at the Limited liability company «AGRO-PROGRESS», with three repetitions according to the following scheme: 1) irrigation regime; 2) norms of mineral fertilizers. For each factor, 3 variants of the experiment were provided. **Results and conclusions.** It has been established that potatoes respond well to watering and mineral nutrition. At the same time, soil moisture differentiation by development phases ensures more efficient use of irrigation water. Therefore, maintaining soil

moisture at the level of 80-70 % HB in combination with the application of N190P95K140 fertilizers made it possible to simultaneously reduce the water consumption coefficients and irrigation water costs to the minimum values of 146.1 and 100.4 m³/t, respectively, and obtain the maximum potato yield of 25.4 t / ha.

Key words: *potato irrigation regime, irrigation water costs, water consumption coefficients, potato yields, doses of mineral fertilizers, potato chips, sprinkling.*

Citation. Gushchina I. A., Akhmedov A.D. Productivity of use of moisture when spinting early potatoes under the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 200-206 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-23.

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

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

УДК 631.674.5:635.21(470.45)

ПРОДУКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ РАННЕГО КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

И. А. Гущина, аспирант

А. Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 18.07.2022

Дата принятия к печати 17.09.2022

Аннотация. Анализируются водосберегающие технологии полива раннего картофеля современной дождевальной техникой в условиях Волгоградской области. Полученные опытные данные доказывают, что затраты воды для получения 1 т картофеля положительно влияют на водный режим почвы и удобрений. Все это позволяет повысить эффективность использования оросительной воды и продуктивность ее использования при выращивании 1 т картофеля.

Актуальность. Для повышения урожайности картофеля особое внимание заслуживает внедрение в широких масштабах научно обоснованных систем орошаемого земледелия, интенсивных технологий, позволяющих получать планируемую урожайность картофеля при дождевании. В связи с этим основным критерием эффективности при возделывании раннего картофеля с применением дождевания является величина урожая и расход воды на единицу продукции. **Объект.** Объектом исследования является водосберегающая технология выращивания весенней посадки картофеля сорта «ВР 808» на светло-каштановых почвах Волгоградской области с применением дождевальной машины Valley. **Материалы и методы.** В течение трех лет (2018-2021 гг.) ежегодно для получения урожая картофеля на уровне 15-25 т/га проводился двухфакторный опыт на территории поселка Областной, в ООО «АГРО-ПРОГРЕСС», с трехкратной повторностью по следующей схеме: 1) режим орошения; 2) нормы минеральных удобрений. По каждому фактору предусматривались 3 варианта опыта. **Результаты и выводы.** Установлено, что картофель хорошо реагирует на поливы и минеральное питание. В то же время дифференциация влажности почвы по фазам развития обеспечивает более эффективное использование оросительной воды. Следовательно, поддержание влажности почвы на уровне 80-70 % HB в сочетании с внесением удобрений N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ позволило одновременно снизить коэффициенты водопотребления и затраты оросительной воды до минимальных значений 146,1 и 100,4 м³/т соответственно и получить максимальную урожайность картофеля 25,4 т/га.

Ключевые слова: *режимы орошения картофеля, затраты оросительной воды, коэффициенты водопотребления картофеля, урожайность картофеля, дозы минеральных удобрений, чипсовые сорта картофеля, дождевание картофеля.*

Цитирование. Гущина И. А., Ахмедов А. Д. Продуктивность использования влаги при дождевании раннего картофеля в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 200-206. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-23.

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. В условиях развития агропромышленного комплекса использование более современной поливной техники и управление водным режимом почвы позволяют существенно уменьшить расход воды на гектар посевов и увеличить урожайность сельскохозяйственных культур [8, 9]. При этом в области организации и эксплуатации оросительных систем особое значение приобретает перевооружение дождевальной техники – перевод ее на широкозахватные машины, переключение их работы в автоматический режим, приведение в действие дистанционных методов сбора информации о фактическом водном режиме почв, состоянии посевов на полях и другое [10, 12].

В Продовольственной программе страны картофель по универсальности использования занимает ведущее место среди других сельскохозяйственных культур и является незаменимым продуктом для россиян [2, 7]. В связи с этим Волгоградская область является одним из главных производителей среднераннеспелого картофеля с применением дождевальных машин. Следовательно, главная задача в наших исследованиях заключалась в получении планируемых урожаев чипсового сорта картофеля «BP 808» в пределах 15-25 т/га с использованием дождевальной машины Valley (США) [4].

С учетом этого целью исследований являлось получение урожайности раннего картофеля на уровне 15, 20, 25 т/га путем установления оптимального сочетания режима орошения и нормы минерального удобрения с применением дождевальной машины Valley.

В связи с этим при проведении исследований нами были изучены закономерности влияния водного режима почвы и норм внесения минеральных удобрений на формирование урожая; определены взаимосвязи водопотребления с уровнем формируемого урожая [3, 6].

Материалы и методы. Почвенный покров орошаемого участка отличается малой мощностью и представлен светло-каштановыми почвами. Следует отметить, что в активном 0,0-0,6 м слое почвы плотность составляла 1,31 т/м³, а влагоемкость наименьшая – 22,93 % массы сухой почвы. Поливы проводились дождевальной машиной Valley.

Опыт проводился в 2018-2021 гг. Для достижения поставленной цели на территории ООО «АГРО-ПРОГРЕСС», расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Городищенского района Волгоградской области, с целью получения планируемых урожаев раннего картофеля схемой опыта по водному режиму почвы, предусматривалось 3 варианта:

- 1) 70 % НВ;
- 2) 80 % НВ;
- 3) 80-70 % НВ.

Нормы минеральных удобрений на всех вариантах по режиму орошения рассчитывали (кг д. в./га) N₁₃₀P₇₅K₁₀₀, N₁₆₀P₈₅K₁₂₀, N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ под урожайность картофеля 15, 20, 25 т/га соответственно.

Результаты и их обсуждение. За годы исследования в среднем для поддержания предполивной влажности в активном слое почвы 70 % НВ было дано 8 поливов нормой 250 м³/га, а на варианте с предполивным порогом 80 % НВ – 14 поливов нормой 170 м³/га. Для поддержания дифференцированного режима орошения потребова-

лось всего 12 поливов, из них 7 – нормой 250 м³/га, а 5 – 170 м³/га. Оросительная норма в первом варианте – 2083, во втором – 2323 и в третьем варианте – 3711 м³/га. При этом суммарное водопотребление соответственно в первом, втором и третьем варианте составило 3305, 3510 и 3711 м³/га (таблица 1).

Таблица 1 – Поливной режим и суммарное водопотребление раннего картофеля в среднем за 2018-2020 гг.

Table 1 – Irrigation regime and total water consumption early potatoes on average for 2018-2020

Вариант по предполив- ному порогу влажности, % НВ / Option for pre- irrigation moisture threshold, % of FMC	Поливная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	Ороситель- ная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	Количество ве- гетационных поливов / Num- ber of vegetation irrigations	Суммарное во- допотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ /ha
70	250	2083	8	3305
80	170	2323	14	3510
80-70	250 / 170	2550	12	3711

Необходимо учитывать, что при проведении исследований эффективность полученных данных в основном зависит от качества полученных урожаев, и от затраты воды на формирование единицы продукции, который принято выражать как коэффициент водопотребления [1, 5] (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды раннего картофеля в среднем за 2018-2020 гг.

Table 2 – The coefficient of water consumption and the cost of irrigation water for early potatoes on average for 2018-2020

Урожайность фактиче- ская, т/га / Productivity actual, t/ha	Урожайность планируемая, т/га / Planned yield, t/ha	Дозы удобрений, кг д. в./га / Doses of fertilizers, kg of active substance per 1 ha	Режим оро- шения, % НВ / Irriga- tion mode, % of FMC	Коэффициент водопотребле- ния, м ³ /т / Water consumption coef- ficient, m ³ /t	Затраты ороси- тельной воды, м ³ /т / Irrigation water consump- tion, m ³ /t
12,9	15	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	70	256,2	161,5
14,5			80	242,1	160,2
16,2			80-70	229,1	157,4
16,8	20	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	70	196,7	124,0
19,0			80	184,7	122,3
21,7			80-70	171,0	117,5
19,3	25	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	70	171,2	107,9
22,6			80	155,3	102,8
25,4			80-70	146,1	100,4

Анализ данных таблицы 2 показывает, что минимальное значение коэффициента водопотребления 146,1 м³/т и затраты оросительной воды 100,4 м³/т было в варианте с влажностью почвы 80-70 % НВ с внесением удобрений дозой N₁₉₀P₉₅K₁₄₀. В активном слое почвы снижение влажности до 70 % НВ увеличивало затраты воды на образование 1 т картофеля соответственно до 171,2- 256,2 и 107,9-161,5 м³/т. При дождевании результаты полученных данных подтверждали, что с улучшением режима орошения и уровня минеральных удобрений, урожайность картофеля значительно возрастала.

На основании полученных данных нами были построены графики зависимости урожайности картофеля от величины затраты оросительной воды и коэффициента водопотребления. Результаты обработки показаны на рисунках 1 и 2.

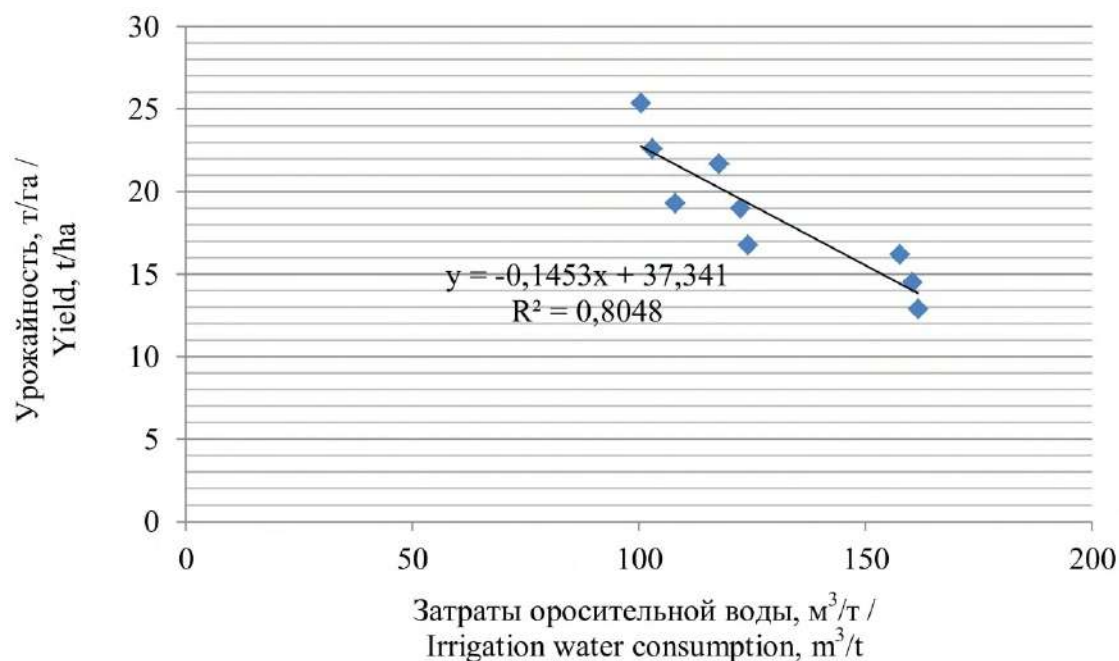


Рисунок 1 – График зависимости урожайности картофеля от величины затраты оросительной воды

Figure 1 - Graph of dependence of potato yield on the amount of irrigation water consumption

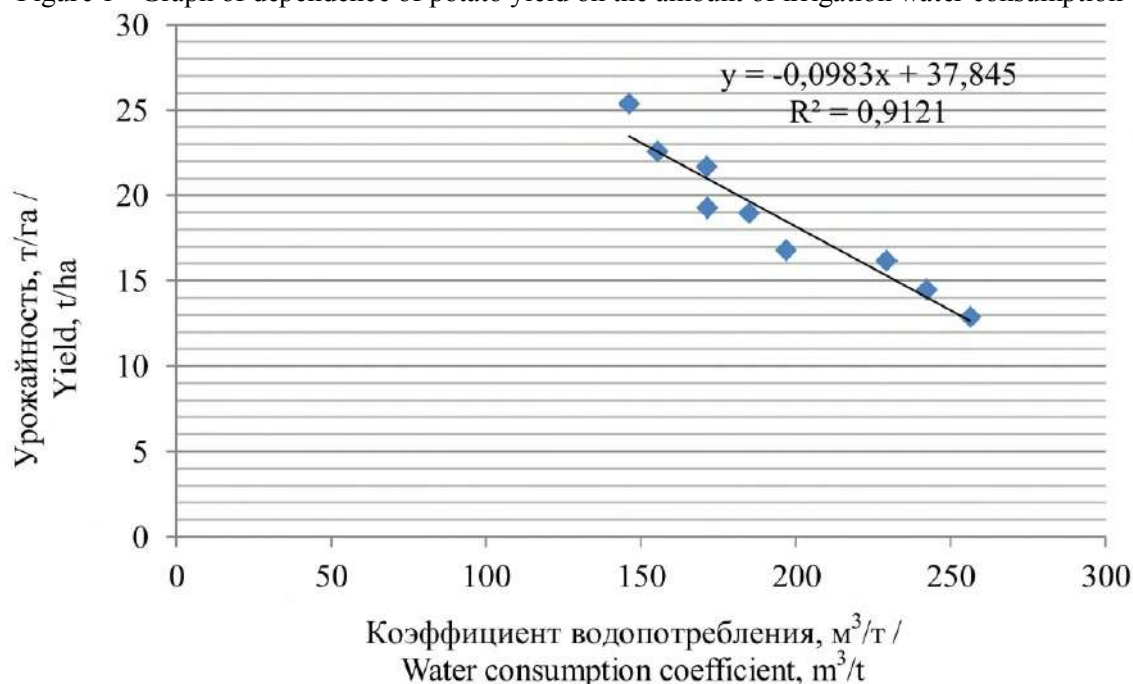


Рисунок 2 – График зависимости урожайности картофеля от величины коэффициента водопотребления

Figure 2 – Graph of dependence of potato yield on the value of the water consumption coefficient

Наибольший урожай 25,4 т/га картофеля был получен на фоне внесения удобрений нормой $N_{190}P_{95}K_{140}$ кг д. в./га при дифференцированном режиме орошения 80-70 % НВ. Коэффициенты водопотребления и затраты оросительной воды в данном варианте составили минимальное значение 146,1 и 100,4 м³/т соответственно (рисунок 3).

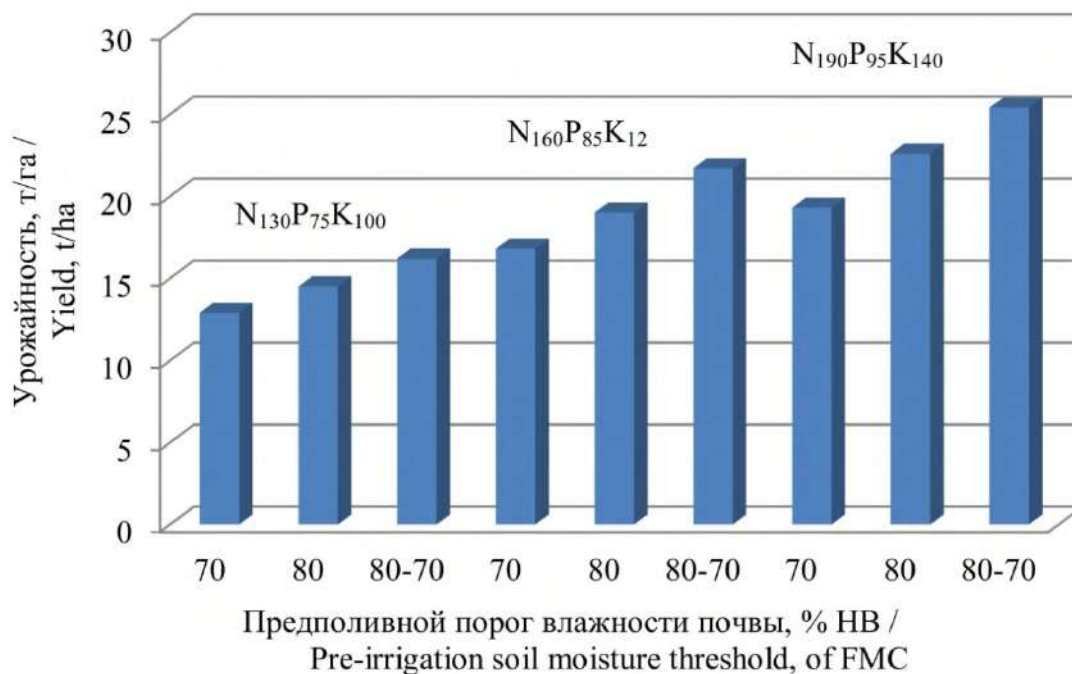


Рисунок 3– Урожайность картофеля в зависимости от величины предполивной влажности почвы и минерального удобрения в среднем за 2018-2020 гг.

Figure 3 – Potato yield depending on the value of pre-irrigation soil moisture and mineral fertilizer on average for 2018-2020

Выводы. На светло-каштановых почвах Волгоградской области проведенные исследования с использованием круговой дождевальной машины (pivot) Valley фирмы Reinke показали, что применяемые водосберегающие технологии позволяют получать планируемую урожайность чипсового сорта картофеля «BP 808», на уровне 15-25 т/га.

Доказано, что поддержание влажности почвы 80-70 % НВ и повышение нормы минерального удобрения до $N_{190}P_{95}K_{140}$ в нашем полевом опыте позволило получить максимальную урожайность картофеля 25,4 т/га. Параллельно с этим происходило и снижение величины расхода воды на единицу продукции: затраты оросительной воды – 100,4, а коэффициент водопотребления – до 146,1 м³/т.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Влияние орошения и удобрений на рост и развитие белокачанной капусты // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 41-51.
2. Гурина И. В., Мельник Т. В., Калечак И. М. Эффективность орошения картофеля весенней посадки современной дождевальной техникой в условиях юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 77-83.
3. Дубенок Н. Н., Чечко Р. А. Потенциал продуктивности раннего картофеля и эффективность его реализации при сплинклерном орошении // Проблемы развития АПК региона. 2016. № 1 (25). С. 28-31.

4. Кружилин И. П. Эффективность возделывания картофеля при орошении в степной зоне // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 1/2. С. 23-26.
5. Кулыгин В. А. Ресурсосберегающие приёмы орошения и минерального питания при возделывании картофеля // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 1 (17). С. 13-25.
6. Новиков А. А. Особенности возделывания картофеля при капельном орошении в Нижнем Поволжье // Картофель и овощи. 2021. № 9. С. 28-32.
7. Плескачев Ю. Н., Зимина Ж. А., Андросов П. А. Возделывание раннего картофеля в регионе Северного Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 2 (50). С. 35-40.
8. Ресурсосберегающая технология возделывания раннего картофеля / М. Е. Дыйканова, А. Г. Левшин, И. Н. Гаспарян, О. Н. Ивашова // Картофель и овощи. 2019. № 2. С. 26-28.
9. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. No 3. P. 185-193.
10. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. Khodiakov, A. Akhmedov, E. Borovoy, S. Milovanov, K. Bondarenko // Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic: E3S Web Conf. International Conference. 2021. V. 282.
11. Martinez-Romero A., Dominguez A., Landeras G. Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions // Agricultural Water Management. 2019. Vol. 216. P. 164-176.
12. Soil Water Dynamics of Shallow Water Table Soils Cultivated With Potato Crop / Ribeiro da Silva A. L. Biscaia, H.T. Hashiguti, L. Zotarelli [et al] // Vadose Zone Journal. 2018. Vol. 17. I. 1. 180077.

Информация об авторах:

Гущина Ирина Анатольевна, соискатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), rabduova@mail.ru

Ахмедов Аскар Джангир оглы, профессор ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) доктор технических наук, профессор, askar-5@mail.ru

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-24

EFFICIENCY OF CULTIVATION OF SINGLE-SPECIES AND MIXED CROPS OF VARIABLE ALFALFA IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WEST REGION OF RUSSIA FOR FOOD PREPARATION

A. T. Varakin¹, S. N. Sheveleva², N. A. Shchekutyeva²,
B. N. Starkovsky², G. A. Simonov³

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Vologda State Dairy Academy named after N. V. Vereshchagin, Vologda

³Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming, Vologda

Received 01.10.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. When formulating feed rations a special place is given to plants with a high content of nutrients. It should be noted, that not all fodder plants can be used to prepare high-quality fodder. Variable alfalfa - is a highly nutritious fodder plant. The study of the productivity of alfalfa and grass mixtures with its participation is of scientific and practical interest in the preparation of animal feed. Alfalfa in its pure form is characterized by a very low sugar content and high buffer capacity, which determines its belonging to the group of non-silage crops. In grass mixtures with cereal components develops a better sugar-protein ratio, favorable for the development of lactic acid bacteria, and, consequently, for the preparation of silage from these herbs. **An object.** The object of the study is variable alfalfa and grass mixtures based on it. **Materials and methods.** Research was carried out in 2019-2021 at the experimental site SPK (collective farm) «Nikolotorzhsky» Kirillovsky district of the Vologda region. Bookmark experience, crop accounting and chemical analyzes were carried out in accordance with generally accepted methods. **Results and conclusion.** Research reveals the benefits of grass mixtures before single-species crops of variable alfalfa. Grass mixtures are more productive (from 1 to 3 t/ha of dry matter) and have greater energy efficiency from 9.4 to 30 GJ/ha, have the best indicators in terms of the ratio of sugars and protein, which means, that when they are ensiled high-quality feed can be prepared without the need for preservatives.

Key words: *alfalfa, grass mixture, chemical composition, nutritional value, productivity, feed.*

Citation. Varakin A. T., Sheveleva S. N., Shchekutyeva N. A., Starkovsky B. N., Simonov G. A. Efficiency of cultivation of single-species and mixed crops of alfalfa in the conditions of the North-West region of Russia for food preparation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 207-213 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-24.

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

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

УДК 633.2:631.51:636.085

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. Н. Шевелёва², магистр сельскохозяйственных наук

Н. А. Щекутёва², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Б. Н. Старковский², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Г. А. Симонов³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

главный научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина,
г. Вологда

³Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский институт молочно-го и лугопастбищного хозяйства имени А. С. Емельянова, г. Вологда

Дата поступления в редакцию 01.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. При составлении кормовых рационов особое место отводится растениям с высоким содержанием питательных веществ. Следует отметить, что не из всех кормовых растений можно приготовить высококачественные корма. Люцерна изменчивая - высокопитательное кормовое растение. Изучение продуктивности люцерны и травосмесей с её участием представляет научный и практический интерес при приготовлении кормов для животных. Люцерна в чистом виде характеризуется очень низким содержанием сахара и высокой буферной ёмкостью, что определяет её принадлежность к группе несиловующихся культур. В травосмесях со злаковыми компонентами складывается лучшее сахаропротеиновое отношение, благоприятное для развития молочнокислых бактерий, а, следовательно, и для приготовления силоса из этих трав. **Объект.** Объектом исследования является люцерна изменчивая и травосмеси на её основе. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2019-2021 годах на опытной площадке СПК (колхоза) «Николоторжский» Кирилловского района Вологодской области. Закладка опыта, учёт урожая и химические анализы проводились в соответствии с общепринятыми методиками. **Результаты и заключение.** Исследования выявили преимущество травосмесей перед одновидовыми посевами люцерны изменчивой. Травосмеси более продуктивны (от 1 до 3 т/га сухого вещества) и обладают большей энергетической эффективностью от 9,4 до 30 ГДж/га, имеют лучшие показатели по соотношению сахаров и протеина, а это значит, что при их силосовании можно приготовить высококачественные корма без необходимости использования консервантов.

Ключевые слова: люцерна изменчивая, травосмеси, химический состав кормов, одновидовые посевы, смешанные посевы.

Цитирование. Варакин А. Т., Шевелёва С. Н., Щекутёва Н. А., Старковский Б. Н., Симонов Г. А. Эффективность возделывания одновидовых и смешанных посевов люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного региона России для приготовления кормов. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 207-213. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-24.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При составлении кормовых рационов особое место отводится растениям с высоким содержанием питательных веществ. На это указывается в ряде исследований [3, 5, 14]. При культивировании таких растений необходимо соблюдать каж-

дый элемент технологии. Одновидовые или смешанные посевы, система удобрений, сроки скашивания и т.д., всё это в конечном счёте влияет на выход питательных веществ и продуктивность посевов.

Следует отметить, что сочные корма (особенно силос) занимают главенствующее место в кормовом балансе животноводства.

При этом из зелёной массы кукурузы в фазе молочно-восковой спелости зерна проводят заготовку силоса высокого качества [7, 9]. Кукуруза служит наиболее распространённой силосной культурой.

Однако не из всех кормовых растений удаётся приготовить качественные корма [6-9]. Люцерна изменчивая является высокопитательным кормовым растением. Изучение продуктивности люцерны и травосмесей с её участием представляет научный и практический интерес при приготовлении кормов для животных.

Люцерна в чистом виде характеризуется очень низким содержанием сахара и высокой буферной ёмкостью, что предопределяет её принадлежность к группе несилюющихся культур [1, 6, 13].

Применение химического консервирования позволяет успешно проводить заготовку кормов из несилюющихся культур по обычной технологии, например люцерны. В результате силосования зелёной массы люцерны (в фазе бутонизации – начала цветения) получают корм с высокими качественными показателями [2, 8, 10].

Вместе с этим, весьма важным является поиск новых способов консервирования высокобелковых культур, а также оптимального соотношения выращиваемых компонентов для дальнейшего их силосования. Это определило цель наших исследований.

Целью нашего исследования являлось определение эффективности возделывания одновидовых и смешанных посевов люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного региона России для приготовления кормов.

В задачи исследования входило:

- изучение продуктивности и питательной ценности люцерны изменчивой и состава травосмесей;
- определение ботанико-хозяйственных групп растений в полученных смешанных посевах;
- установление продуктивности травосмесей;
- изучение химического состава зелёной массы полученных травосмесей;

По результатам эксперимента дать более объективную оценку использования люцерны изменчивой в травосмесях для приготовления кормов для скота.

Материалы и методы. Исследования были проведены в 2019-2021 гг. на экспериментальном участке СПК (колхоз) «Николоторжский» Кирилловского района Вологодской области. Повторность опыта трёхкратная, размер 1 делянки – 12 м², учётная площадь – 9 м², размещение делянок методом рендомизированных повторений.

Почва дерново-слабоподзолистая, среднесуглинистая, мощность пахотного горизонта составляет 20-22 см. Агрохимический анализ участка рН (KCl) – 5,5, содержание (по Кирсанову) подвижного Р₂О₅ – 270 мг/кг, обменного К₂О – 170 мг/кг почвы, гумуса – 2,3 %.

Схема эксперимента:

1. Люцерна изменчивая - одновидовой посев (контроль).
2. Травосмесь (люцерна изменчивая 50 % + клевер луговой 50 %).
3. Травосмесь (люцерна изменчивая 50 % + тимopheевка луговая 50 %).
4. Травосмесь «Verdana оригинал» (люцерна изменчивая – 35 %, лядвенец рогатый – 20 %, клевер луговой – 15 %, фестулолиум – 10 %, овсяница луговая – 10 %, тимopheевка луговая – 10 %).

5. Травосмесь «Катмакс альфа протеин» (клевер луговой – 10 %, люцерна изменчивая – 30 %, фестулолиум (сортотип райграс) – 15 %, райграс пастбищный – 10 %, тимopheевка луговая – 15 %, фестулолиум (сортотип овсяница) – 20 %).

Норма высева семян трав по вариантам:

1. Люцерна изменчивая - одновидовой посев – 14 кг/га.
2. Травосмесь (люцерна изменчивая + клевер луговой) - 16 кг/га.
3. Травосмесь (люцерна изменчивая + тимopheевка луговая) - 13 кг/га.
4. Травосмеси «Verdana оригинал» – 35 кг/га.
5. Травосмеси «Катмакс альфа протеин» - 30 кг/га.

Для посева использовались сорта многолетних трав, рекомендованные для условий Северо-Западного региона: люцерна изменчивая – сорт Таисия; клевер луговой – сорт Дымковский; тимopheевка луговая – сорт Ленинградская 204.

Учёт урожая проводили сплошным методом. Высота среза растительного материала 8 см от поверхности почвы. Далее масса взвешивалась, после чего производился её разбор на ботанико-хозяйственные группы (бобовые, злаковые, сорные растения). Затем определяли долю каждого компонента травосмеси путём их взвешивания.

Химический анализ показателей качества зелёной массы определяли в соответствии с ГОСТами и Рекомендациями ВНИИ кормов (М., 1990 г.), рекомендации БелНИИЖ применительно к формуле Аксельсона. Во всех растительных образцах определяли содержание: сырой золы (сжиганием в муфельной печи). Образцы исследовали в лаборатории СЗНИИМЛПХ структурного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН.

Результаты и обсуждение. Для понимания как ведут себя в составе травосмеси культуры, её составляющие, и дальнейшей возможности приготовления из них кормов нами определялась доля каждого компонента в смеси.

Обобщённые результаты трёх лет исследований представлены на рисунке 1.

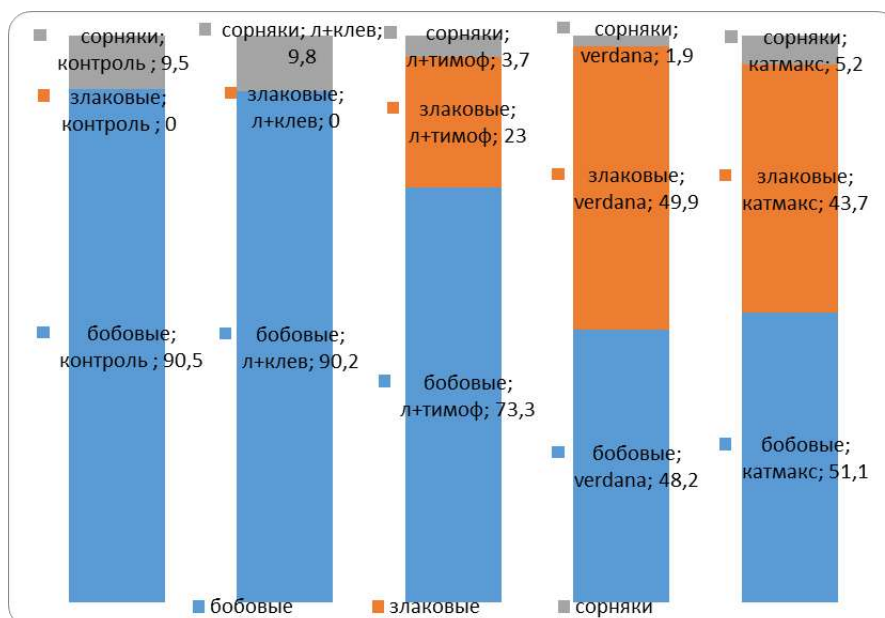


Рисунок 1 – Доля компонентов травостоя в среднем за 2019-2021 гг., %

Figure 1 – The share of herbage components on average for 2019-2021., %

В среднем за годы исследований видно, что в травосмесях, имеющих в своём составе бобовый и злаковый компоненты, доля сорных растений составила 5,2 %. В этих травосмесях доля бобовых трав в структуре урожая зелёной массы составляла от 48,2 %

в смеси «Verdana оригинал» до 73,3 % в смеси люцерны + тимopheевка. В травосмеси «Катмакс альфа протеин» процент бобовых был 51,1. Видно, что при изначальном составе семян в травосмеси «Verdana оригинал» доля бобовых трав 70 %, а в структуре урожая зелёной массы травосмеси доля бобовых оказалась ниже, чем в травосмеси «Катмакс альфа протеин», где процент бобовых в семенном материале составлял 40 %.

Продуктивность изучаемых вариантов отличалась по годам и в среднем за годы исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Продуктивность травосмесей (среднее за годы исследований)

Table 1 – Productivity of grass mixtures (average over the years of research)

Вариант	Урожайность, т/га	
	зелёной массы	сухого вещества
1. Люцерна (контроль)	28,3	6,54
2. Люцерна + клевер	33,3	7,97
3. Люцерна + тимopheевка	31,8	7,54
4. «Verdana оригинал»	34,5	9,55
5. «Катмакс альфа протеин»	35,5	9,35

Так, одновидовые посевы люцерны изменчивой были менее урожайными по сравнению со смешанными посевами. Двухкомпонентные травосмеси менее продуктивны по отношению к многокомпонентным смесям. Данные по сбору сухого вещества также подтверждают эти данные. Так многокомпонентные травосмеси «Verdana оригинал» и «Катмакс альфа протеин» дали более 9 т/га сухого вещества, что на 1,7 т/га в среднем больше, чем в двухкомпонентных смесях люцерны + клевер и люцерны + тимopheевка и на 2,9 т/га больше контрольного варианта.

При этом была установлена следующая питательная ценность исследуемых травостоев, приведённая в таблице 2.

Таблица 2 – Питательность изучаемых травостоев (среднее за годы исследований)

Table 2 – Nutritional value of the studied herbage (average over the years of research)

Вариант	Выход с 1 га, т переваримого протеина	Содержание ПП в 1 ЭКЕ, г	Обеспеченность 1 га ОЭ, ГДж
1. Люцерна (контроль)	1,00	142,0	70,72
2. Люцерна + клевер	1,17	129,3	90,28
3. Люцерна + тимopheевка	0,81	101,2	80,09
4. «Verdana оригинал»	1,12	111,3	100,67
5. «Катмакс альфа протеин»	1,20	119,6	100,06

Данные по анализу питательности свидетельствуют, что травосмеси «Verdana оригинал» и «Катмакс альфа протеин» по выходу с 1 га переваримого протеина имеют значения 1,12 и 1,20 тонн соответственно, что выше контрольного варианта и двухкомпонентной травосмеси люцерны + тимopheевка. Значения обменной энергии в этих вариантах также превосходили одновидовые и двухкомпонентные посевы. По содержанию переваримого протеина в 1 энергетической кормовой единице (ЭКЕ) все изученные травосмеси уступали контрольному варианту.

Химический состав сухого вещества исследуемых травостоев представлен в таблице 3.

В среднем за 2019-2021 гг. исследований травосмеси уступали по содержанию сырого протеина контрольному варианту. По содержанию сырого жира выделилась только травосмесь люцерны + клевер с показателем 4,05, остальные варианты отличались друг от друга незначительно. Важное значение при силосовании трав играет их сахаро-протеиновое отношение. По этому показателю изучаемые варианты отличались: 0,35;

0,47; 0,78; 0,95; 0,74 соответственно. Одновидовые посевы люцерны и её совместные посевы с клевером луговым имели наименьшее сахаропротеиновое отношение. Травосмеси с включением злаковых компонентов существенным образом смещали в лучшую сторону данное соотношение. Так в этих травосмесях оно составило не менее 0,74. Лучшим по этому показателю была травосмесь «Verdana оригинал» со значением 0,95.

Таблица 3 – Химический состав травостоев с люцерной изменчивой
(среднее за годы исследований)

Table 3 – Chemical composition of herbage with alfalfa variable
(average over the years of research)

Вариант	В % к сухому веществу					
	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	сахар	БЭВ	зола
1. Люцерна (контроль)	19,51	3,12	23,26	5,44	44,72	9,39
2. Люцерна + клевер	18,80	4,05	20,40	6,90	46,75	10,0
3. Люцерна + тимофеевка	14,86	3,32	24,32	8,37	48,96	8,54
4. «Verdana оригинал»	15,85	3,45	24,77	11,15	48,57	7,36
5. «Катмакс альфа протеин»	16,93	3,56	23,88	9,51	48,11	7,52

Выводы. Исследованиями выявлено преимущество травосмесей перед одновидовыми посевами люцерны изменчивой. Травосмеси более продуктивны (на от 1 до 3 т/га сухого вещества) и обладают большей энергетической эффективностью от 9,4 до 30 ГДж/га, имеют лучшие показатели по соотношению сахаров и протеина, а значит при их силосовании возможно приготовить качественные корма без использования консервантов.

Библиографический список

1. Богатырева Е. В., Фоменко П. А., Щекутёва Н. А. Сравнительная оценка силоса в чистом виде и в смеси с бобовыми и злаковыми травами // Молочнохозяйственный вестник. 2018. № 2. С. 15-23.
2. Влияние силоса, приготовленного с консервантом, на продуктивность лактирующих коров / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 89-93.
3. Как эффективнее 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.
4. 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 Междунар. науч.-практ. конф. с. Соленое Займище: ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. С. 1369-1371.
5. Переваримость питательных веществ рационов холостыми овцематками в летний период / А. С. Ушаков [и др.] // Эффективное животноводство. 2017. № 6 (136). С. 46-47.
6. Победнов Ю. А. Основы и способы силосования трав: монография. СПб., 2010. 192 с.
7. Продуктивность коров при использовании в рационах кукурузного силоса, приготовленного с консервантом - природным бишофитом / А. Т. Варакин [и др.] // Зоотехния. 2012. № 7. С. 7-8.
8. Продуктивность коров при использовании в рационах люцернового силоса, приготовленного с консервантом ВАГ-1 / А. Т. Варакин [и др.] // Кормопроизводство. 2010. № 3. С. 41-43.
9. Ресурсосберегающие инновационные технологии производства молока и говядины: монография / А. Т. Варакин [и др.]. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. 204 с.
10. Ресурсосберегающие технологии производства животноводческой продукции: монография / А. Т. Варакин [и др.]. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. 224 с.
11. Симонов Г. А., Гуревич В. И. Тритикале в рационе лактирующих свиноматок // Эффективное животноводство. 2012. № 8 (82). С. 48-49.

12. Старковский Б. Н. Иван-чай узколистый: биология, технология, хозяйственное использование: монография. Вологда-Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2018. 126 с.
13. Старковский Б. Н., Симонов Г. А. Качество силоса, приготовленного из смеси козлятника восточного и кипрея узколистного // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 2 (42). С. 86-94.
14. 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.
15. Starkovsky B. N., Simonov G. A., Malinovskaya Yu. N. Cultivation of fireweed (*Epilobium angustifolium*) together nettle dioecious (*Urtica dioica*) // From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture: E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference. IDSISA, 2020. P. 03004.

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

Шевелёва Светлана Николаевна, магистрант кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н. В. Верещагина (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2); E-mail: ana.sheveleva.2016@mail.ru

Щекутьева Наталья Александровна, доцент кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н. В. Верещагина, (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2); кандидат сельскохозяйственных наук; E-mail: nata-sha_k.08@mail.ru

Старковский Борис Николаевич, доцент кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н. В. Верещагина, (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2); кандидат сельскохозяйственных наук; E-mail: bor.2076@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

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-25

THE USE OF CROSSING TO IMPROVE THE REPRODUCTIVE QUALITIES OF SHEEP IN FARMING CONDITIONS

Yu. A. Kolosov¹, N. G. Chamurlijev², N. N. Kolosova¹, A. S. Shperov², F. A. Smorodin¹

¹*FGBOU VO Don State Agrarian University*

²*FGBOU VO Volgograd State Agrarian University*

Received 01.10.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

The reproductive qualities of sheep-producers of the Soviet and Dzhalginsky merino breeds in specific soil-climatic and geographical conditions of maintenance have been studied. The evaluation of the combination of crossing with the participation of Soviet Merino sheep and Jalginsky merino sheep producers is given from the position of characteristics of obtaining offspring and the possibility of recommendations for introduction into production.

Abstract

Actuality. The meat productivity of sheep has become a determining factor in ensuring the profitable management of the sheep industry. This type of productivity, against the background of other varieties of sheep productivity, crucially contributes to the successful solution of the problem of food security of our state. Therefore, it has become a priority, both from the standpoint of economics and sociology. The volume of lamb production depends to a large extent on the quantity and safety of the resulting young. The

purpose of our scientific work was to assess the reproductive qualities of breeding rams that have passed a 12-month period of acclimatization in a specific climatic zone, as well as the results of crossing sheep of the Soviet merino breed with sheep of the domestic breed with combined productivity of the Dzhalginsky merino. **An object.** The object of research was sheep - producers of breeds Soviet merino and Dzhalginsky merino and the results of their use for insemination on sheep Soviet merino. **Material and methods.** To assess the sexual activity and the results of artificial insemination of sheep of experimental groups, three heads of sheep-producers of each of these breeds at the age of 2.5 years were used. At the same time, the volume of ejaculate, sperm motility, and their concentration in the ejaculate, the time spent on obtaining one ejaculate, the number of cages for obtaining one ejaculate, the number of jumps to obtain one ejaculate were evaluated. Two groups of ewes were formed, 30 heads each, aged 3.5- 4.5 years. The results of artificial insemination were obtained during the period of the lambing company, focusing on the output of business lambs for weaning. **Results and conclusions.** In the initial phase of the research, the conditions of the experimental animals were characterized. The average volume of ejaculate in the rams of the compared breeds was almost the same. The number of sperms in 1 ml of the ejaculate of the rams of the second group was 0.2 billion pieces more, which ultimately gave them an advantage in the number of sperms in one ejaculate by 300 million pieces, or almost 9% ($P > 0.95$). Against this background, it can be noted that the sperm motility in the ejaculate of Soviet Merino sheep is 9.5%. There was no significant difference in the concentration of hydrogen ions and survival rate. The time spent for the maintenance staff to receive the ejaculate was less when working with sheep producers of the Dzhalginskaya merino breed. According to the combination of factors determining the effectiveness of reproduction in the herd, the yield of lambs per 100 ewes in the second group exceeded this value in the first group by more than 10%. It is concluded that the use of genetic resources of the Dzhalgin breed for crossing can significantly increase the business output of young animals, and therefore it can be recommended for the introduction of this combination of breed crossing in commercial herds.

Citation. Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Kolosova N. N., Shperov A. S., Smorodin F. A. The use of crossing to improve the reproductive qualities of sheep in farming conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 213-219 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-25.

Author's contribution. The team of authors was 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 interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.32/38.082.454.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКРЕЩИВАНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ОВЕЦ В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Ю. А. Колосов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. Г. Чамурлиев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. Н. Колосова¹, кандидат философских наук, доцент
А. С. Шперов², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Ф. А. Смородин¹, аспирант

¹ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет,
Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 01.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Мясная продуктивность овец стала определяющим фактором обеспечения рентабельного ведения отрасли овцеводства. Этот вид продуктивности, на фоне прочих разновидностей продуктивности овец, в решающей степени способствует успешному решению проблемы продовольственной безопасности нашего государства. Поэтому он стал приоритетом как с позиций экономики, так и социологии. Объёмы производства баранины зависят в значительной мере от количества и сохранности получаемого молодняка. Целью нашей научной работы является оценка

воспроизводительных качеств баранов-производителей, прошедших 12-месячный период акклиматизации в условиях конкретной климатической зоны, а также результатов скрещивания овцематок породы советский меринос с баранами отечественной породы с комбинированной продуктивностью джалгинский меринос. **Объект.** Объектом исследований стали бараны-производители пород советский меринос и джалгинский меринос и результаты их использования для осеменения на овцематках советский меринос. **Материал и методы.** Для проведения оценки половой активности и результатов искусственного осеменения овцематок подопытных групп было использовано по три головы баранов-производителей каждой из указанных пород в возрасте 2,5 лет. При этом оценивали объём эякулята, подвижность спермиев, их концентрацию в эякуляте, время, затрачиваемое на получение одного эякулята, количество садок для получения одного эякулята, количество вспрыгиваний для получения одного эякулята. Были сформированы две группы овцематок, по 30 голов в каждой, в возрасте от 3,5-4,5 лет. Результаты искусственного осеменения получили в период окотной компании, ориентируясь на выход деловых ягнят к отёму. **Результаты и выводы.** В начальной фазе исследований была дана характеристика условий содержания подопытных животных. Средний объём эякулята у баранов сравниваемых пород был практически одинаковым. Количество спермиев в 1 мл эякулята баранов второй группы было на 0,2 млрд. штук больше, что в конечном итоге дало им преимущество по количеству спермиев в одном эякуляте на 300 млн. штук, или почти на 9 % ($P > 0,95$). На этом фоне можно отметить большую подвижность спермиев в эякуляте баранов породы советский меринос – на 9,5 %. Существенной разницы в концентрации ионов водорода и выживаемости выявлено не было. Затраты времени для обслуживающего персонала на получение эякулята были меньше при работе с баранами производителями породы джалгинской меринос. По совокупности факторов, определяющих результативность воспроизводства в стаде, выход ягнят на 100 овцематок во второй группе превышал это значение по первой группе более чем на 10 %. Сделан вывод о том, что использование генетических ресурсов джалгинской породы для скрещивания позволяет существенно повысить деловой выход молодняка, а поэтому можно рекомендовать для внедрения в товарных стадах данную комбинацию скрещивания пород.

Ключевые слова: овцеводство, скрещивание овец, воспроизводительные качества овец.

Цитирование. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Колосова Н. Н., Шперов А. С., Смородин Ф. А. Использование скрещивания для улучшения воспроизводительных качеств овец в условиях фермерского хозяйства. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 213-219. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-25.

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. Мясная продуктивность овец стала определяющим фактором обеспечения рентабельного ведения отрасли овцеводства. Этот вид продуктивности, на фоне прочих разновидностей продуктивности овец, в решающей степени способствует успешному решению проблемы продовольственной безопасности нашего государства [6-10]. Поэтому объёмы производства баранины зависят в большой степени от количества и сохранности получаемого молодняка. В нашей стране активно ведутся работы по созданию отечественной ресурсной базы (генофонда) овец с улучшенными параметрами мясной продуктивности, в том числе и с лучшими характеристиками воспроизводства. Несмотря на то что в Государственный реестр пород РФ уже внесены новые селекционные достижения в овцеводстве и они действительно имеют определённое превосходство в мясной продуктивности над материнскими породами, их потенциал при скрещивании изучен недостаточно. Особенно слабо в этом плане оценена такая составляющая продуктивности, как воспроизводительные качества. Данный факт определяет актуальность проведённых нами исследований [1-5].

Цель исследований. Дать оценку воспроизводительным качествам баранов-производителей, прошедшим 12-месячный период акклиматизации в условиях конкретной климатической зоны, а также результатам скрещивания овцематок породы советский меринос с баранами отечественной породы с комбинированной продуктивностью джалгинский меринос. Для её достижения необходимо было изучить половую активность и качество спермопродукции у баранов, а также выход ягнят и их сохранность по группам овцематок.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт был проведен в 2021-2022 годах в подсобном хозяйстве ИП КФХ Смородин А. Н., которое расположено в центре Целинского района. До районного центра п. Целина расстояние составляет 15 км, а до областного центра – г. Ростов-на-Дону – 168 км. Общая земельная площадь в границах основного пользования составляет 160 га. Вся она отнесена к категории сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни – 83 га, естественных пастбищ – 60 га, сенокосов – 14 га. Рельеф местности – волнистая равнина. Гидрографическая сеть представлена балкой Средняя Юла. ИП КФХ Смородин А. Н. занимается растениеводством, а животноводство представлено овцеводством, которое производит мясную и шерстную продукцию. В хозяйстве насчитывается 300 голов овец, из которых овцематок 250 голов. Производственное направление хозяйства определяется как зерново-животноводческое. Зерновое производство специализируется на выращивании озимой пшеницы и ярового ячменя.

Были сформированы две группы овцематок, по 30 голов в каждой, в возрасте от 3,5-4,5 лет.

Таблица 1 – Состав подопытных групп / Table 1 – Composition of experimental groups

Группа Group	Порода/ Breed				F ₁
	Баранов/ rams	n	Овцематок/ sheep	n	
1	СМ	3	СМ	30	СМ
2	ДЖ	3	СМ	30	½СМ+ ½ ДЖ

СМ – порода советский меринос/ breed soviet merino

ДЖ – порода джалгинский меринос/ breed dzhalginsky merino.

Для проведения оценки половой активности и искусственного осеменения овцематок подопытных групп было использовано по три головы баранов-производителей каждой из указанных пород в возрасте 2,5 лет. При этом оценивали объём эякулята, подвижность спермиев, их концентрацию в эякуляте, время, затрачиваемое на получение одного эякулята, количество садок для получения одного эякулята, количество вспрыгиваний для получения одного эякулята. Оценку спермопродукции проводили по ГОСТ 26029-83 «Сперма баранов не разбавленная свежеполученная. Технические требования и методы исследований». Для оценки плодовитости овцематок использовали ГОСТ 25955-83, согласно которому данный признак определяется как отношение количества полученных живых, мёртворожденных и абортированных ягнят к количеству объегнившихся маток, выраженное в процентах. Сохранность полученных при ягнении животных определяли в 4 месяца. Алгоритмом служило отношение количества отнятых ягнят, к количеству живых ягнят при рождении, выраженное в процентах. Сравнение результатов по группам животных проводили посредством определения средних значений изучаемых показателей и выявления статистически достоверной разницы между средними значениями по группам.

Результаты и обсуждение. В начальной фазе исследований была дана характеристика условиям содержания подопытных животных. Главными факторами, определяющими климатические условия зоны размещения хозяйства, являются не-

большое количество атмосферных осадков и сухие восточные ветры, способствующие быстрому выгоранию травостоя. В среднем за год выпадает около 508 мм осадков. Обычным для зоны расположения хозяйства являются длительные периоды отсутствия дождей, сопровождаемые сильными восточными ветрами. Климат – умеренно континентальный. Среднегодовая температура воздуха около +9.4 °С с колебаниями от 40°С в летний период, до -20 °С в зимний период. Средняя продолжительность безморозного периода 175-180 дней, холодного зимнего времени – с 15 ноября до 17 марта. Последние весенние заморозки наблюдаются в середине мая, а первые осенние в начале октября. Снежный покров малоустойчив, т. к. холодная погода перемежается с оттепелями. Высота снежного покрова редко превышает 10 см. Его накопления затрудняют длительные оттепели, которые продолжаются до 45 дней. Вследствие частных изменений температуры и сильных ветров, достигающих 25 м/сек, в некоторых местах наблюдаются выдувание плодородного слоя почвы. Основную массу естественного травостоя составляет целинная растительность, в которой в большом количестве представлены такие травы, как мятник и полынь. Сорная растительность, как основной источник снижения качества шерсти, на пастбище распространена широко и представлена ковылём и репейником. После уборки зерновых отара выпасается на стерне, в которой в большом количестве присутствуют пожнивные остатки, потребление которых

Такие условия, в которых разводят традиционную для Ростовской области породу овец советский меринос, схожи с условиями разведения породы джалгинский меринос, что и послужило основанием при её выборе в качестве улучшающей мясные качества у потомства породы. Через 14 месяцев после поступления баранов-производителей джалгинский меринос в ИП КФХ Смородин А. Н. и после проведения предслучной подготовки животных нами была проведена комплексная оценка спермопродукции, результаты которой помещены в таблицу 2.

Средний объём эякулята у баранов сравниваемых пород был практически одинаковым. Количество спермиев в 1 мл эякулята баранов второй группы было на 0,2 млрд. штук больше, что в конечном итоге дало им преимущество по количеству спермиев в одном эякуляте на 300 млн штук или почти на 9 % ($P > 0,95$). На этом фоне можно отметить большую подвижность спермиев в эякуляте баранов породы советский меринос – на 9,5 %. Существенной разницы в концентрации ионов водорода и выживаемости выявлено не было.

В целом мы отметили, что показатели качества спермы у всех подопытных баранов находились в пределах физиологической нормы.

Таблица 2 – Характеристика спермопродукции баранов-производителей подопытных групп

Table 2 – Characteristics of sperm production of sheep-producers of experimental groups

Группа / Group	К-во эякулятов / Number of ejaculates	Объём эякулята, мл Ejaculate volume, ml	Концентрация спермиев, млрд./мл/ Sperm concentration, billion/ml	Дегидрогеназная активность, мин / Dehydrogenase activity, min	Подвижность, бал./ Mobility, ball.	Конц. ионов водорода (pH) / Conc. of hydrogen ions (pH)	Выживаемость, бал./ Surviv-alcapacity, ball.
1	25	1,27±0,02	2,7±0,03	1,4±0,03	9,1±0,46	6,88±0,71	0,59±0,01
2	25	1,29±0,02	2,9±0,04	1,7±0,02	8,7±0,80	7,03±0,78	0,60±0,01

Важными характеристиками воспроизводительных качеств баранов-производителей являются данные об их половой активности. Проведённые нами наблюдения позволили отметить некоторые особенности сравниваемых генотипов в условиях одинакового содержания (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика половой активности баранов-производителей подопытных групп

Table 3 – Characteristics of sexual activity of sheep-producers of experimental groups

Группа Group	Показатели/ Indicators	
	время, затраченное на 1 садку, сек/ time spent on 1 cage, sec	количество садок для получения одного эякулята, ед/ the number of cages for obtaining one ejaculate, units
1	46,0±5,1	2,3±0,64
2	42,9±4,6	2.1±0,27

Так, средние затраты времени на одну садку у баранов производителей джалгинской породы были почти на 3 секунды меньше, чем в контроле (1 группа). Они же в среднем для получения одного эякулята затрачивали меньше садок. Таким образом, объединение этих преимуществ 2 группы приводили к тому, что затраты времени для обслуживающего персонала на получение эякулята были меньше при работе с баранами-производителями породы джалгинской меринос.

Показатели воспроизводства, сложившиеся в подопытных группах по результатам ягнения приводятся в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты окота в подопытных группах

Table 4 – Results of lambing in experimental groups

Показатель/ Indicator	Группа / Group	
	1	2
Осеменено о /маток, гол./ Inseminated queens, naked	30	30
Оягнилось о /маток, гол./ Oyagnilos o / matok, goal.	28	29
Количество ягнят, полученных в группе, гол/ Number of lambs received in the group, goal	33	36
на 100 оягнившихся, %/ on 100 oyagnivshih, %	117,9	124,1
Отход ягнят за 4 мес., %/ Departure of lambs for 4 months., %	9,1	5,6
Получено к отъёму на 100 маток, %/ Received for weaning per 100 queens, %	107,1	117,2

Как можно установить из представленных цифровых данных, уровень оплодотворяемости овцематок по 2 группе оказался несколько выше, чем по первой группе. По этой группе было получено ягнят почти на 8 % больше, чем в контрольной. Также за период подсоса ягнята из группы помесей имели больший уровень сохранности на 3,5 %. По совокупности факторов выход ягнят на 100 овцематок во второй группе превышал это значение по первой группе более чем на 10 %.

Выводы. Учитывая, что в условиях фермерского хозяйства, занимающегося разведением овец породы советский меринос, использование генетических ресурсов джалгинской породы для скрещивания позволяет существенно повысить деловой выход молодняка, можно рекомендовать для внедрения в товарных стадах данную комбинацию пород. Увеличение численности молодняка овец для откорма даст возможность повысить доходность овцеводства.

Библиографический список

1. Воспроизводительная способность овцематок и сохранность молодняка различного происхождения / В. В. Абонеев, Л. А. Гнездилова, В. Т. Ранюк, Д. В. Абонеева // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 1. С. 120-125.
2. Воспроизводительные качества тонкорунных овец при разных технологиях содержания / В. В. Абонеев, Ю. А. Колосов, Е. В. Абонеева, Д. В. Абонеев // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2021. № 24-1. С. 36-43.
3. Воспроизводительные качества мериносовых овцематок и рост ягнят в подсосный период при скрещивании с баранами породы дорпер / Ю. А. Колосов, Н. Г. Чамурлиев, А. С. Дегтярь, С. В. Дегтярь // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 179-185.
4. Жиряков А. М., Двалишвили В. Г., Мильчевский В. Д. О некоторых принципах селекции овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 4-6.
5. Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Ганзенко Е. А. Прижизненные показатели мясности помесных овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 1. С. 37-39.
6. Лушников В. П., Левина Т. Ю., Сарбаев М. Г. Промышленное скрещивание как селекционный прием повышения мясной продуктивности в разведении овец волгоградской породы овец // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий. Саратов, 2022. С. 470-472.
7. Мясная продуктивность и качество мяса чистопородных и помесных баранчиков в условиях КФХ Сисенбаева П. З. / Н. Г. Чамурлиев, А. С. Шперов, А. А. Кодралиева, А. С. Филатов // Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях - продолжение научного наследия Листопада Г.Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), доктора технических наук, профессора: национальная научно-практическая конференция. Волгоград, 2019. Т. 2. С. 295-299.
8. Повышение мясной продуктивности ягнят путём скрещивания мериносовых овцематок и гладкошерстных баранов / Ю. А. Колосов, Н. Г. Чамурлиев, А. С. Дегтярь, С. В. Дегтярь // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 135-140.
9. Эффективность использования генетических ресурсов овец в разных природно-климатических условиях: монография / В. И. Косилов, Б. К. Салаев, Ю. А. Юлдашбаев, Т. А. Иргашев, А. Н. Арилов, Т. С. Кубатбеков, И. В. Миронова. Элиста: Изд-во Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 2019. 206 с.
10. Regional problems of livestock production and import substitution / Y. A. Kolosov, V. N. Fedorov, N. F. Illarionova, A. F. Kaidalov, E. S. Vorontsova, V. V. Fedorova // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V. 624 (1) S. 012143.

Информация об авторах:

Колосов Юрий Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Донской ГАУ. (346493, Южный федеральный округ, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6826-8009> e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Чамурлиев Нодари Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065> E-mail: zootexnia@mail.ru

Колосова Наталья Николаевна, кандидат философских наук, доцент ФГБОУ ВО Донской ГАУ. (346493, Южный федеральный округ, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), E-mail: nnklsv@mail.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1504-0617>

Шперов Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2818-1208>, E-mail: zootexnia@mail.ru

Сморodin Федор Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО Донской ГАУ. (346493, Южный федеральный округ, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), E-mail: smorodin.fyodor@yandex.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0228-0336>

INFLUENCE OF AMARANTH CAKE ON PRODUCTIVITY INDICATORS OF REPAIR HEN

S. I. Nikolaev¹, I. Y. Danilenko¹, A. K. Karapetyan¹,
E. A. Morozova¹, A. S. Vlasov², V. G. Friesen³

¹Volgograd State Agrarian University

²"Megamix Center" LLC

³«MegaMix» LLC

Received 17.09.2022

Submitted 02.12.2022

*The study was conducted within the framework of Contract No. 9 dated 05/14/2022
of Zinpro Inter-National LLC Topic: "Scientific justification and practical use of Availa Chromium
complex in the diet of laying hens of the Haysex Brown cross"*

Abstract

Introduction. It is known that the nutritional value of such components of the diet for poultry as cake is fully characterized by their composition. Scientists have calculated that feed is the main cost item associated with industrial poultry farming. Hence, the inclusion of non-traditional feed resources is becoming a top priority in the poultry and livestock industry to maintain productivity at a lower cost. Domestic scientists especially emphasize the need to use alternative feed ingredients in order to reduce feed costs and the cost of poultry products. There is currently great interest in finding alternative sources of protein and energy to replace more costly feeds in poultry diets. Amaranth cake is one of the non-traditional fodder products, it is a by-product of agro-industrial production. In this regard, the study of the effect of amaranth cake on the productive performance of replacement hens of the highly productive Highsex Brown cross is relevant. The main goal of this study was to introduce amaranth cake into the diets of replacement hens without side effects on growth performance. **Object of study.** The main subject of this study was amaranth cake as an alternative budgetary source of protein in the diet of young birds of the Highsex Brown cross. **Materials and methods.** One hundred and twenty replacement hens were kept from one day old to one hundred and twenty days old on the territory of the Center for the Safety and Efficiency of the Use of Feeds and Additives, under similar conditions, however, amaranth cake was introduced to the birds of the experimental group as an alternative source of protein. During all experimental periods, the health status of the birds was monitored visually on a daily basis. None of the birds fell during the experiment or showed signs of illness, so all replacement hens completed the experiment. In the course of the work, classical and modern methods of zoo-technical research were used with the use of modern certified equipment. In the process of performing the work, technological methods of feeding and keeping poultry, adopted in poultry farming, were used. The data obtained during the research were processed statistically. **Results and conclusions.** The use of amaranth cake in feed for replacement hens contributed to an increase in the total live weight gain of poultry by 3.42% and a decrease in feed costs per 1 kg of live weight gain of individuals by 3.42%.

Key words: diet, feeding, replacement hens, non-traditional feed products, amaranth cake, total gain, live weight.

Citation. Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Karapetyan A. K., Morozova E. A., Vlasov A. S., Friesen V. G. Influence of amaranth cake on productivity indicators of repair hen. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 220-225 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-26.

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

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 636.5.034

**ВЛИЯНИЕ АМАРАНТОВОГО ЖМЫХА НА ПОКАЗАТЕЛИ
ПРОДУКТИВНОСТИ РЕМОНТНЫХ КУРОЧЕК****С. И. Николаев¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**И. Ю. Даниленко¹**, кандидат сельскохозяйственных наук**А. К. Карапетян¹**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент**Е. А. Морозова¹**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**А. С. Власов²**, генеральный директор**В. Г. Фризен³**, генеральный директор¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия²ООО «МегаМикс Центр», Липецкая область, Тербунский район, с. Тербуны³ООО «МегаМикс», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

*Исследование проведено в рамках договора № 9 от 14.05.2022 ООО «Зинпро Интернешнл»**Тема: «Научное обоснование и практическое использование комплекса Availa Chromium в
рационе кур-несушек кросса Хайсекс Браун»*

Актуальность. Известно, что питательность такого компонента рациона для сельскохозяйственной птицы, как жмых в полной мере характеризуется их составом. Учеными было подсчитано, что корм является основной статьей расходов, связанных с промышленным птицеводством. Следовательно, включение нетрадиционных кормовых ресурсов становится первостепенной задачей в птицеводстве и животноводстве для поддержания производительности с меньшими затратами. Отечественные ученые особенно подчеркивают необходимость использования альтернативных кормовых ингредиентов с целью снижения затрат на корма и себестоимости продукции птицеводства. В настоящее время существует большой интерес к поиску альтернативных источников белка и энергии для замены более затратных кормов в рационах птицы. Амарантовый жмых – один из нетрадиционных кормовых продуктов, является побочным продуктом агропромышленного производства. В связи с этим изучение влияния жмыха из амаранта на продуктивные показатели ремонтных курочек высокопродуктивного кросса «Хайсекс Браун» актуально. Основная цель настоящего исследования состояла в том, чтобы внедрить в рационы ремонтных курочек жмых из амаранта без побочных эффектов на показатели роста. **Объект исследования.** Основным предметом настоящего исследования стал амарантовый жмых как альтернативный бюджетный источник протеина в рационе молодняка птицы кросса «Хайсекс Браун». **Материалы и методы.** Сто двадцать ремонтных курочек содержались с суточного до 120-дневного возраста на территории центра безопасности и эффективности использования кормов и добавок при ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в аналогичных условиях, однако птице опытной группы вводили жмых из амаранта как альтернативный источник протеина. В течение всех опытных периодов состояние здоровья птиц ежедневно контролировали визуально. Ни одна птица не пала во время эксперимента и не проявила признаков болезни, поэтому все ремонтные курочки завершили эксперимент. В ходе работы использованы классические и современные методы зоотехнических исследований с применением современного сертифицированного оборудования. В процессе выполнения работы использованы технологические приёмы кормления и содержания птицы, принятые в птицеводстве. Данные, полученные в ходе проведения исследований, были обработаны статистически. **Результаты и выводы.** Использование жмыха амаранта в комбикормах для ремонтных курочек способствовало увеличению общего прироста живой массы птицы на 3,42 % и снижению затрат комбикорма на 1 кг прироста живой массы особей на 3,42 %.

Ключевые слова: *рационы кур, кормление кур, ремонтные курочки, нетрадиционные кормовые продукты, жмых из амаранта, общий прирост кур, живая масса кур.*

Цитирование. Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Карапетян А. К., Морозова Е. А., Власов А. С., Фризен В. Г. Влияние амарантового жмыха на показатели продуктивности ремонтных курочек. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 220-225. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-26.

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. Многие ученые изучают альтернативные подходы к использованию различных биологически активных веществ, обладающих ростостимулирующим действием. Перспективным направлением является использование в животноводстве альтернативных кормов, содержащих биологически активные соединения или смеси природного происхождения, либо использование фитодобавок или растительных экстрактов, пробиотиков, пребиотиков, симбиотиков или побочных продуктов культур, таких как жмых из амаранта [1, 3, 5, 11]. Питание является наиболее важным экологическим фактором, влияющим на развитие, состояние здоровья, показатели роста и прибыльность птицеводства. Корма для птицы составляют до 70-75 % общих производственных затрат. Питание птицы значительно отличается от питания другого скота, что определяется спецификой анатомии желудочно-кишечного тракта [4].

Белок, энергия, жир, клетчатка, минеральные вещества, витамины и вода имеют основное значение для питания птицы, и их содержание в кормах должно покрывать потребности, которые различаются в зависимости от возраста и вида птицы. В целом кормовой белок должен быть хорошего качества, в том числе по содержанию незаменимых аминокислот [6, 7]. Среди них лимитирующими являются лизин, метионин, цистеин, треонин и триптофан. Основным ингредиентом кормов для птицы являются злаки, т.е. пшеница и кукуруза, которые преимущественно представляют собой источник энергии, так как содержания белка в них недостаточно для птиц. Из-за этого злаки не могут быть единственным кормом для птицы и должны сочетаться с источниками белка, одним из которых может выступать амарант [2, 8].

Материалы и методы. Сто двадцать ремонтных курочек содержались с суточного до 120-дневного возраста на территории центра безопасности и эффективности использования кормов и добавок при ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в аналогичных условиях. Птица контрольной группы получала стандартный комбикорм без использования жмыха из амаранта. В состав комбикорма для ремонтных курочек опытной группы были включены следующие компоненты: пшеница, кукуруза, соя полножирная экстрадированная, жмых из амаранта, жмых подсолнечный (СП 26 %, СК 24 %), шрот подсолнечный (СП 34 %, СК 19 %), масло подсолнечное, DL-метионин, соль поваренная, монокальцийфосфат, кормовой мел, L-лизин сульфат и премикс для молодняка. Таким образом, амарантовый жмых на 15 % замещал жмых и шрот подсолнечный. При этом уровень обменной энергии (ОЭ) в 100 г корма для молодняка составил 293 Ккал, что соответствовало рекомендациям к кроссу «Хайсекс Браун».

В течение всех опытных периодов состояние здоровья птиц ежедневно контролировали визуально. Ни одна птица не пала во время эксперимента и не проявила признаков болезни, поэтому все ремонтные курочки завершили эксперимент. В ходе работы использованы классические и современные методы зоотехнических исследований с применением современного сертифицированного оборудования. В процессе выполнения работы использованы технологические приёмы кормления и содержания птицы, принятые в птицеводстве. Данные, полученные в ходе проведения исследований, были обработаны статистически.

Результаты и обсуждение. В питании птицы наибольшее внимание уделяется белковым продуктам в связи с важностью белка как основной составляющей биологически активных соединений в организме. Он также помогает в синтезе тканей тела для обновления и роста тела. Кроме того, белок существует в форме ферментов и гормонов, которые играют важную роль в физиологии любого живого организма.

Исследование химического и аминокислотного состава амарантового жмыха определило возможность его использования в комбикормах ремонтных курочек как источника полноценного белка, имеющего низкую стоимость.

В этой связи нами было изучено влияние данного кормового продукта на продуктивные показатели ремонтных курочек высокопродуктивного кросса «Хайсекс Браун».

Основным показателем, определяющим уровень продуктивности молодняка яичного кросса, является их живая масса (таблица 1).

Таблица 1 – Зоотехнические показатели ремонтных курочек, $M \pm m$

Table 1 – Zootechnical indicators of replacement hens, $M \pm m$

Группа	Показатель							
	Возраст птицы, дней					Общий прирост	Среднесуточный прирост	Затраты корма, кг
	сутки	30	60	90	120			На 1 кг прироста
контрольная	40,42± 0,17	260,09 ±3,96	581,21 ±8,43	909,17± 13,78	1346,86 ±20,74	1306,44	10,98	4,39
опытная	40,50± 0,33	275,02 ±4,27 *	615,65 ±8,29 **	936,46± 12,94	1391,61 ±17,22	1351,11	11,35	4,24

При взвешивании ремонтных курочек было установлено, что использование в составе рациона амарантового жмыха способствует увеличению их живой массы на 5,70 % (при взвешивании на 30 суток выращивания), на 8,83 % (при взвешивании на 60 суток выращивания), на 7,89 % (при взвешивании на 90 суток выращивания) и на 3,20 % (при взвешивании на 120 суток выращивания).

Общий прирост живой массы молодых особей составил 1306,44 г в контрольной группе и 1351,11 г в опытной группе, где в составе комбикорма использовали амарантовый жмых. В ходе этого мы отметили, что по данному показателю птица из опытной группы на 3,42 % выгоднее отличалась от контрольной группы, где был использован стандартный рацион (рисунок 1).

Следует отметить, что среднесуточный прирост у молодок опытной группы был выше на 0,37 г или 3,37 %, составил при этом 11,35 г против 10,98 г – показателя контрольной группы.

Когда речь идет о питании птицы, с коммерческой точки зрения в первую очередь внимание уделяется стоимости используемых ингредиентов [10]. Поэтому наше понимание той роли, которую питание может играть в развитии птиц, вероятно, было ограничено тем, что мы полагались на использование самых доступных и дешевых традиционных кормов. Тем не менее, качество кормов играет важную роль в поддержании производства и прибыльности [8, 9]. При этом важно оценивать такой показатель, как «затраты корма на единицу прироста живой массы» (рисунок 2).

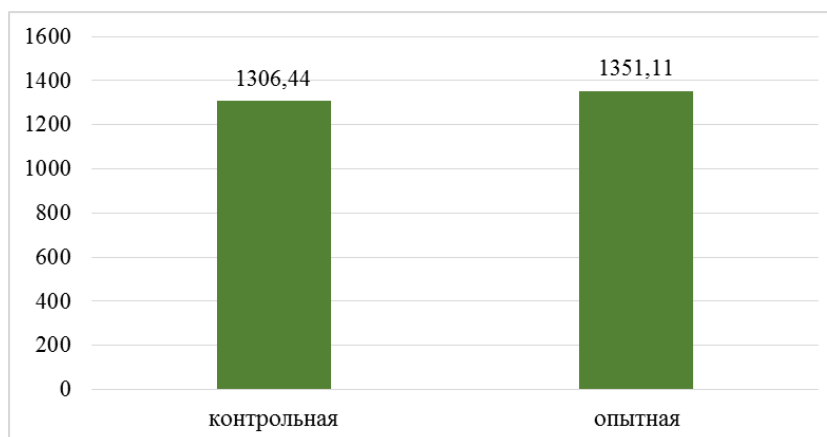


Рисунок 1 – Общий прирост живой массы ремонтных курочек, г

Figure 1 – Total live weight gain of replacement hens, g

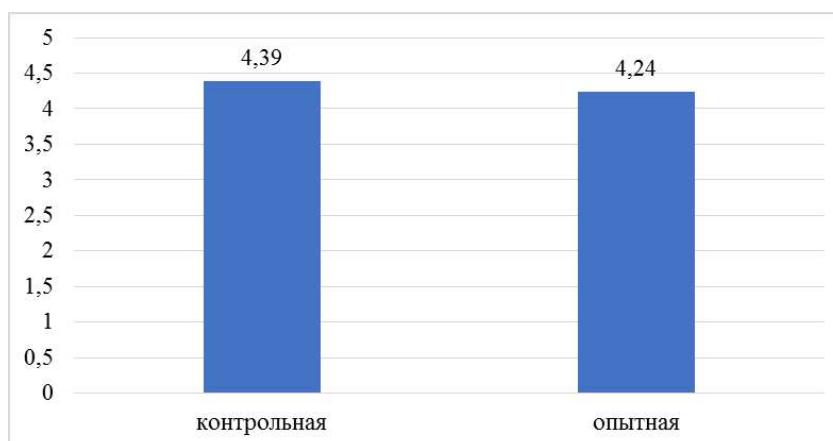


Рисунок 2 – Затраты корма на 1 кг прироста живой массы ремонтных курочек, кг

Figure 2 – Feed costs per 1 kg of live weight gain of replacement hens, kg

Затраты корма на 1 кг прироста живой массы ремонтных курочек составили в контрольной группе 4,39 кг, в опытной – 4,24 кг, что было ниже на 0,15 кг или 3,42 %.

Следует отметить, что данные показатели согласуются с рекомендуемыми к кроссу «Хайсекс Браун», однако мы видим более экономичное значение в опытной группе, где использовали в составе рациона амарантовый жмых.

Выводы. Данные, полученные в ходе проведенных исследований, позволяют сделать вывод, что введение в рацион ремонтных курочек амарантового жмыха как источника протеина оказывает благоприятное воздействие на динамику их живой массы, а также способствует снижению затрат комбикорма на 1 кг прироста живой массы.

Библиографический список

1. Белохорт Е. С., Анискина М. В. Биопрепараты в кормлении сельскохозяйственной птицы // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2019. С. 517-518.
2. Егорова Е. Ю., Бочкарев М. С., Резниченко И. Ю. Определение технических требований к жмыхам нетрадиционных масличных культур пищевого назначения // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1 (32). С. 131–138.
3. Журавель Н. В., Чумакова В. В., Мартиросян В. В. Зерновой амарант перспективная культура // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 71–72.
4. Исмазова Ш. Н. Совершенствование технологии производства комбикормов с использованием амаранта // Техника и технология пищевых производств. С. 371.

5. Исмазова Ш. Н., Исабаев И. Б., Эргашева Х. Б. Альтернативные источники сырья для производства комбикормовой продукции // *Universum: технические науки*. 2019. №. 12-2 (69). С. 18-23.
6. Оценка перспектив производства сбалансированных по полиненасыщенным жирным кислотам продуктов из отечественного растительного сырья / Е. С. Попов, Н. С. Родионова, О. А. Соколова, Н. Ю. Мазуренко // *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95. №. 1. С. 79–84.
7. Папуниди Э. К., Выштакалюк А. Б. Изыскание альтернативных путей замены кормовых антибиотиков биологически активными добавками природного происхождения в рамках концепции органического сельского хозяйства // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2020. №. 22. С. 426-429.
8. Технологические свойства жмыха амаранта как компонента комбикормов / Е. С. Шенцова, Л. И. Лыткина, А. В. Востроилов, Е. Е. Курчаева // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2018. Т. 80. № 2 (76). С. 182-188.
9. Тлецерук И. Р. Нетрадиционный источник питания птицы // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 55. № 2. С. 50-53.
10. Lima H. J. D., Morais M. V. M., Pereira I. D. B. Updates in research on quail nutrition and feeding: a review // *World's Poultry Science Journal*. 2022. С. 1-25.
11. The influence of poultry rations on its productivity and resulting products quality / M. V. Lukyanenko [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 640. 032020.

Информация об авторах:

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: taranova_15@mail.ru

Карапетян Анжела Кероповна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Морозова Елена Агатовна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: eamorozova.vlg@mail.ru

Власов Арсений Сергеевич, генеральный директор ООО «МегаМикс Центр» (399540, Липецкая область, Тербунский район, село Тербуны, ул. Дорожная, д. 5г), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

Фризен Василий Генрихович, генеральный директор ООО «МегаМикс» (400123, г. Волгоград, ул. Хрустальная ул., 107, офис 1), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-27

THE EFFECT OF THE FEED ADDITIVE «BETA-FLORA» IN THE COMPOSITION OF PRODUCTION SALMON FEEDS ON ECONOMIC AND BIOLOGICAL INDICATORS RAINBOW TROUT

**D. A. Randelin, A. I. Novokshchenova, Yu. V. Kravchenko, E. S. Vorontsova,
T. V. Kuznetsova, A. K. Ramazan**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 29.09.2022

Submitted 02.12.2022

*The authors express their gratitude to the company «Innovations»
for the financial support of the project on the topic "The use of Beta-Flora
feed additive in com-bicorms for salmon fish species"*

Summary

The effectiveness of the use of productive salmon feeds with the introduction of the BETA-FLORA feed additive in feeding rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) was experimentally determined. The experimental composition assumes an increase in the efficiency of the use of imported production feeds by 10.4% without deterioration of the hydrochemical composition of water, quality and growth rates of the fish.

Abstract

Introduction. Trout farming is one of the actively developing areas of fish farming, which in the Russian Federation is developing in 2 directions: cold-water (with the use of surface and groundwater) and mariculture. Salmon fish are attracted financially both as an object of farm fish farming and as an auxiliary object of breeding in polyculture, thus, the issues of feed composition, norms and biotechnics of feeding are relevant for the fisheries industry. **An object.** Production salmon feeds processed by spraying with a feed additive «BETA-FLORA» in the amount of 0.5 %, 1 % and 1.5 %. **Materials and methods.** The experiment was conducted in the pool workshop of the center "Breeding of valuable breeds of sturgeon" of the Volgograd State Agrarian University in the period from July 1, 2021 to July 30, 2021. It is organized according to the basic zootechnical method – the formation of groups of analogues. **Results and conclusions.** The use of the feed additive "BETA-FLORA" when feeding trout with highly effective imported feeds in the amount of 0.5% increases the efficiency of their use by 10.4%. During the experiment, it was noticed that the feed additive "BETA-FLORA" does not have a negative effect on the hydrochemical composition of water and can be used in various fish growing systems, including in the conditions of ultrasound. Experience has also confirmed that the feed additive "BETA-FLORA" does not have a negative effect on the mass and structure of the tissues of the internal organs of the tested individuals.

Key words: *production salmon compound feed, feed additive «BETA-FLORA», rainbow trout, ultrasound, physiological parameters of fish, production qualities of fish, interior signs of rainbow trout.*

Citation. Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Kravchenko Yu. V., Vorontsova E. S., Kuznetsova T. V., Ramazan A. K. The effect of the feed additive "beta-flora" in the composition of production salmon feeds on economic and biological indicators rainbow trout. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 225-232 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-27.

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

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

УДК 639.3.07

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «БЕТА-ФЛОРА» В СОСТАВЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ЛОСОСЕВЫХ КОРМОВ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Д. А. Ранделин, доктор биологических наук, профессор
А. И. Новокщёнова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Ю. В. Кравченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук
Т. В. Кузнецова, старший преподаватель
А. К. Рамазан, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 29.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Авторы выражают благодарность компании «Инновации» за финансовую поддержку проекта по теме «Использование кормовой добавки Бета-Флора в комбикормах для лососевых видов рыб»

Актуальность. Форелеводство – одна из активно развивающихся сфер рыбоводства, которое в РФ развивается в 2-х направлениях: холодноводное (с применением поверхностных и грунтовых вод) и марикультура [8]. Лососевые рыбы привлекают финансово и как объект фермерского рыбоводства, и как вспомогательный объект разведения в поликультуре, таким обра-

зом, вопросы состава кормов, норм и биотехники кормления актуальны для рыбохозяйственной отрасли. **Объект.** Продукционные лососевые корма, обработанные путем напыления кормовой добавкой «БЕТА-ФЛОРА» в объеме 0,5 %, 1 % и 1,5 %. **Материалы и методы.** Опыт проводился в бассейновом цехе центра «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в период с 1 июля 2021 по 30 июля 2021 года. Он организован по базовому зоотехническому методу – формированию групп-аналогов. **Результаты и выводы.** Использование кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» при кормлении форели высокоэффективными импортными кормами в объеме 0,5 %, повышает эффективности их использования на 10,4 %. В процессе опыта замечено, что кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» не оказывает негативного влияния на гидрохимический состав воды и может применяться в различных системах выращивания рыбы, в том числе в условиях УЗВ. Опыт подтверждено также, что кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» не оказывает негативного влияния на массу и структуру тканей внутренних органов испытуемых особей.

Ключевые слова: *продукционный лососевый комбикорм, кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА», радужная форель, УЗВ, физиологические показатели рыбы, продукционные качества рыбы интерьерные признаки радужной форели.*

Цитирование. Ранделин Д. А., Новокщёнова А. И., Кравченко Ю. В., Воронцова Е. С., Кузнецова Т. В., Рамазан А. К. Влияние кормовой добавки «бета-флора» в составе продукционных лососевых кормов на хозяйственно-биологические показатели радужной форели. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 225-232. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-27.

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. Форелеводство – одна из активно развивающихся сфер рыбоводства, которое в РФ развивается в 2-х направлениях: холодноводное (с применением поверхностных и грунтовых вод) и марикультура [6, 8, 11]. Лососевые рыбы привлекают финансово и как объект фермерского рыбоводства, и как вспомогательный объект разведения в поликультуре, таким образом, вопросы состава кормов, норм и биотехники кормления актуальны для рыбохозяйственной отрасли [2, 7].

Цель исследования – изучить зоотехнические и физиолого-биохимические показатели радужной форели при включении в импортные комбикорма кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА».

Задачи:

- определить влияние кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» на продукционные и физиологические показатели радужной форели;
- определить влияние кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» на гидрохимический состав воды системы УЗВ;
- затраты комбикормов при выращивании радужной форели с использованием в кормах кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА».

Материалы и методы. Эксперимент по изучению влияния кормов с добавлением кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» на хозяйственно-биологические показатели радужной форели проведен в научном центре «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО ВолГАУ. Объект исследований – продукционные лососевые корма, обработанные путем напыления кормовой добавкой «БЕТА-ФЛОРА» в объеме 0,5 %, 1 % и 1,5 %. Продолжительность исследований – 30 дней.

Исследования проведены на 1 контрольной и 3-х опытных группах по 50 голов в каждой (таблица 1). В качестве корма использовался продукционный форелевый корм Biomar Efico Alpha 790 R. В комбикормах для рыб опытных групп методом напыления

вводилась кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» в объеме 0,5 %, 1 % и 1,5 %. В качестве норм кормления использовались рекомендации с учетом живой массы и температуры воды компании Biomar. Кормление рыбы осуществлялось только в дневное время. Кратность кормления, суточные нормы и размеры гранул менялись с учетом температуры воды, количества растворенного кислорода и живой массы рыбы.

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Scheme of experience

Группа	Количество рыб в группе, п	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
1 контрольная	50	30	Biomar Efico Alpha 790 R
2 опытная	50	30	Biomar Efico Alpha 790 R + 0,5 % кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА»
3 опытная	50	30	Biomar Efico Alpha 790 R + 1,0 % кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА»
4 опытная	50	30	Biomar Efico Alpha 790 R + 1,5 % кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА»

Для проведения исследования были использованы бассейны объемом 1,35 м³ в составе УЗВ с биологической и механической фильтрацией, оксигенацией, озонацией.

При этом режим гидрохимии водной среды в бассейнах с рыбой находился на оптимальном уровне для содержания радужной форели (температура воды 16-18 °С [1, 8]. Измерения основных показателей, таких как содержание кислорода в воде, температура, а также уровень pH проводились три раза в сутки. Прибором для проведения замеров служил термооксиметр «Nash 30d».

Проведя измерения общей длины тела и расстояния до развилки хвостового плавника, определяли линейный рост рыбы. Весовой прирост особей получали с помощью расчета средней живой массы [4, 5, 9, 12].

Перед началом опыта, а также после его завершения проводились контрольные взвешивания рыбы, при этом получали показатели по динамике живой массы особей, относительному, абсолютному и среднесуточному приросту.

Абсолютный прирост вычисляли по формуле:

$$P_{аб} = m_k - m_0,$$

где m_k – конечная масса молоди, г; m_0 – начальная масса молоди, г.

Среднесуточный прирост вычисляли по формуле:

$$P_{ср.сут.} = (m_k - m_0)/t,$$

где m_k – конечная масса молоди, г; m_0 – начальная масса молоди, г, t – продолжительность опыта, сут.

Кормовые затраты вычисляли по формуле:

$$K_3 = C_k / (m_k - m_0),$$

где C_k – количество корма, затраченное на выращивание рыб (затраты корма на единицу прироста);

$$C_k = R * m_{ср.нач} * t,$$

где R – суточная норма корма, %; $m_{ср.нач}$ – средняя начальная масса, г; t – период выращивания.

Плотность посадки молоди устанавливали исходя из массы выращиваемой рыбы [4, 5, 9, 12]. Все данные, полученные в результате опыта, проходили статистическую обработку.

Эксперимент проведен в бассейновом цехе в период с 1 по 30 июля 2021 года. Вода в цех поступала из артезианской скважины. Так как содержание O_2 в такой воде по результатам замеров не превышало 0,5-0,7 мг/л, использовалась предварительная аэрация. Температура воды в данный период года имела колебания в пределах +9-10 °С, поэтому вода в бассейны подавалась после предварительного подогрева до температуры +17-18 °С в бассейне-накопителе (таблица 2).

Таблица 2 – Гидрохимический состав воды

Table 2 – Hydrochemical composition of water

Показатель	Неделя опыта				Требования
	1	2	3	4	
рН	7,8	7,7	7,6	7,6	7,0-8,0
Кислород, мг/л	9,4	9,4	9,2	9,1	не менее 7,0
Азот аммонийных соединений, мг/л	0,26	0,28	0,31	0,32	0,5
Азот нитритов, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Азот нитратов, мг/л	0,3	0,3	0,4	0,4	1
Общая жесткость, мг-экв/л	2,8	2,8	2,8	2,8	3,8-4,2
Хлориды, мг/л	-	-	-	-	20-35
Марганец, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Железо, мг/л	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Температура, °С	16,4	16,3	16,1	16,1	14-18

Свежая вода подавалась в бассейны каждый час, суточная замена воды составляла 12-15 % от общего объема. Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют о соответствии гидрохимических показателей воды в период опыта нормативным показателям.

Результаты и обсуждение. При постановке на опыт средняя живая масса форели составляла 165 г. По полученным данным показателей продуктивности видно, что 1-я контрольная группа уступала аналогам из 2-й опытной на 10,4 % ($P>0,99$), 3-й опытной группы на 5,8 % ($P>0,95$), 4-й опытной группы – на 2,6 % соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели продуктивности радужной форели

Table 3 – Rainbow trout productivity indicators

Показатель	1 контрольная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Количество в начале опыта, гол	50	50	50	50
Живая масса в начале опыта, г	164	167	166	163
Живая масса в конце опыта, г	327,2	361,2	346,2	335,7
Разница в приросте	100	10,4	5,8	2,6
Поедаемость кормов	98	100	100	96
Количество в конце опыта, гол	50	50	50	50
Абсолютный прирост, г	163,2	194,2	180,2	172,7
Среднесуточный прирост, г	5,4	6,5	6,0	5,8
Относительный прирост, %	99,5	116,3	108,5	106,0
Затраты корма	184,2	208,3	197,3	194,8
Общий прирост ихтиомассы	8,160	9,711	9,009	8,635
Затраты корма на общую ихтиомассу	9,21	10,42	9,87	9,74
Кормовой коэффициент	1,13	1,07	1,10	1,13
Разница в затратах корма на 1 кг прироста	100	95,02	97,02	99,93

Вторая опытная группа также превосходила остальные по показателям абсолютного прироста живой массы тела. Так, прирост контрольной группы был ниже чем у особей второй опытной группы на 19,0 %, третьей опытной группы – на 10,42 % и четвертой опытной группы – на 5,82 % соответственно.

Также по итогам абсолютного прироста вторая опытная группа была выше первой контрольной на 16,8 %, далее третья – на 9,0 % и четвертая – на 6,5 %.

По среднесуточному приросту живой массы особей форели наблюдается следующая тенденция: в первой контрольной группе этот показатель был на уровне 5,4 г, что уступает особям второй опытной группы на 1,1 г, третьей опытной – на 0,6 г четвертой – на 0,2 г.

Общая биомасса рыбы при завершении исследования в контрольной группе превышала вторую опытную на 3,9 %, третью опытную – на 3,1 % и четвертую опытную – на 2,1 %.

При этом на выращивание рыбы во время проведения исследования было затрачено комбикорма на один килограмм прироста биомассы в первой контрольной группе – 1129 г, второй опытной группе – 1073 г, третьей опытной – 1096 г, четвертой опытной – 1128 г. Так, комбикорма было затрачено меньше во второй опытной группе по сравнению форелью в первой контрольной группе на 4,98 %, в третьей и четвертой опытных группах соответственно ниже на 2,98 % и 0,07 %. Таким образом, выявлено снижение затрат корма и повышение эффективности применения кормов с добавкой «БЕТА-ФЛОРА» при сравнении с аналогами без нее.

В процессе исследований изучено также, какое значение оказывает кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» на состояние и развитие внутренних органов особей, участвующих в эксперименте. Из таблицы 4 видно, что различия по соотношению в процентах к общей массе тела рыбы и внутренних органов между опытными группами не выявлены.

Таблица 4 – Относительные интерьерные признаки радужной форели

Table 4 – Relative interior features of rainbow trout

Показатель	1 контрольная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Масса, г	327,2	361,2	346,2	335,7
Процентное отношение к массе тела, %				
Сердце	0,27±0,01	0,27±0,01	0,27±0,01	0,27±0,01
Печень	1,81±0,05	2,12±0,06	2,09±0,06	1,88±0,06
Селезенка	0,08±0	0,09±0	0,09±0	0,09±0
ЖКТ	4,31±0,13	6,07±0,18	5,37±0,16	4,77±0,14
Жир	1,91±0,06	1,91±0,06	1,78±0,05	1,92±0,06
Почки	1,03±0,03	1,08±0,03	1,08±0,03	1,03±0,03
Голова	7,95±0,24	9,37±0,28	8,72±0,26	8,18±0,25
Жабры	2,57±0,08	3,03±0,09	2,91±0,09	2,64±0,08
Тушка	56,49±1,69	61,49±1,84	59,64±1,79	57,85±1,74

В результате изучения внутренних органов, в частности печени, было выявлено, что её состояние находится в пределах физиологической нормы. Это говорит о том, что кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» не оказывает токсического воздействия на исследуемую форель.

Изменение структуры рациона может оказывать влияние на линейные приросты молоди (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели линейного роста радужной форели

Table 5 – Indicators of linear growth of rainbow trout

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	164	10,7±0,31	10,2±0,28	327,2	21±0,58	19,3±0,55
2 опытная группа	167	10,9±0,32	10,5±0,27	361,2	22,6±0,72	21,1±0,69
3 опытная группа	166	10,8±0,31	10,5±0,26	346,2	21,4±0,69	20,8±0,64
4 опытная группа	163	10,6±0,29	10,2±0,3	335,7	21,1±0,65	20,2±0,57

Однако, по результатам изучения экстерьерера заметно, что значительных различий в контрольных и опытных группах по длине тела нет.

Выводы. Таким образом, результаты опыта дают возможность предполагать, что использование кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» в качестве сырья при производстве отечественных кормов для форели, в объеме 0,5 % и 1 % повысит эффективность их применения до уровня кормов от ведущих иностранных производителей. Использование кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» при кормлении форели высокоэффективными импортными кормами в объеме 0,5 % повышает эффективность их использования на 10,4 %. В процессе опыта замечено, что кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» не оказывает негативного влияния на гидрохимический состав воды и может применяться в различных системах выращивания рыбы, в том числе в условиях УЗВ. Опыт подтверждено также, что кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» не оказывает негативного влияния на массу и структуру тканей внутренних органов испытываемых особей.

Библиографический список

1. Анализ влияния белкового концентрата на микробиоту кишечника молоди ленского осетра в условиях УЗВ / Д. А. Ранделин, Е. А. Морозова, А. И. Новокшенова, А. М. Я. Мохсен Эльебьяри // Вестник Алтайского государственного университета. 2019. № 3 (173).
2. Воробьев В. В. Современное состояние и перспективы развития морской аквакультуры в Российской Федерации // Аграрная Россия. 2015. № 7. С. 41-45.
3. Изучение влияния белкового концентрата на продуктивные качества молоди ленского осетра / А. Э. Ставцев, Ю. В. Сошкин, С. И. Николаев, Д. А. Ранделин, Ю. В. Кравченко, А. И. Новокшенова // Научное обеспечение инновационного развития животноводства. 2019.
4. Корм для форели: главные особенности и этапы кормления. <https://mirzam.ru/domashnij-biznes/korm-dlya-foreli.html>.
5. Перспективы развития индустриального форелеводства. <https://helpiks.org/4-11341.html>.
6. Пономарев С. В. Лососеводство. М.: Лань, 2020. 372 с.
7. Шумак В. В. Программа расчета структуры малокомпонентных кормов для аквакультуры и животноводства // Аграрная Россия. 2016. № 8. С. 13-15.
8. Юрина Н. А., Максим Е. А., Мачнева Н. Л. Оптимизация кормовых рационов молоди осетра при использовании спороносодержащих пробиотиков // Аграрная Россия. 2017. № 3. С. 30-33.
9. Carrera-Quintana S. C., Gentile P., Girón-Hernández J. An overview on the aquaculture development in Colombia: Current status, opportunities and challenges // Aquaculture. 2022. № 561.
10. Effects of probiotics on growth, the toll-like receptor mediated immune response and susceptibility to aeromonas salmonicida infection in rainbow trout oncorhynchus mykiss / Y. Dang, Y. Sun, Y. Zhou, X. Men, B. Wang, B. Li, Y. Ren // Aquaculture. 2022. No 561.

11. Effects of dietary chrysophyte (*Poteroochromonas malhamensis*) rich in beta-glucan on the growth performance, intestinal health, lipid metabolism, immune gene expression, and disease resistance against *Aeromonas salmonicida* in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / Y. Liu, H. Chang, D. Han, S. Lu, W. Lv, K. Guo, H. Liu // *Aquaculture*. 2022. No 561.

12. Vitamin nutrition in salmonid aquaculture: From avoiding deficiencies to enhancing functionalities / A. Liu, V. P. T. H. To, E. Santigosa, A. Dumas, J. M. Hernandez // *Aquaculture*. 2022. № 561.

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор биологических наук, профессор, тел. 8(8442) 41-14-10, e-mail: randelin_dm@mail.ru

Новокщёнова Анна Ивановна, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8(8442) 41-14-10, e-mail: an-na.gustowa2012@yandex.ru

Кравченко Юрий Владимирович, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8(8442) 41-14-10, e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, esvoronts@mal.ru

Кузнецова Татьяна Валерьевна, старший преподаватель кафедры "Педагогика и МПО" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8(8442) 41-10-57, e-mail: tv_volgau@mail.ru

Рамазан Аниса Касимовна, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8(8442) 41-16-04, e-mail: anya_0777@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-28

HEMATOLOGICAL STATUS OF BROILER CHICKENS WHEN A COMPLEX FOOD ADDITIVE IS INTRODUCED INTO DRINKING WATER

A. A. Ryadnov¹, V. V. Salomatin¹, D. A. Zlepkin¹, V. A. Zlepkin¹, T. A. Ryadnova¹,
E. S. Vorontsova¹, E. P. Zinin^{1, 2}, O. A. Volkova¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*JSC "Poultry farm Krasnodonskaya", Volgograd region*

Received 29.09.2022

Submitted 02.12.2022

The work was carried out within the framework of the thematic task plan for the implementation of research works by the Federal state budgetary educational institution of higher education "Volgograd State Agrarian University" by order of the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2022 on the topic "Scientific justification and evaluation of the effectiveness of the use of modern bioavailable drugs that can increase the physiological status, productivity and quality poultry products".

Abstract

Introduction. The study of new biologically active feed additives and preparations that have a complex effect on the body of young poultry, the testing of effective schemes for their use are relevant and have scientific and practical significance for poultry farming. **Materials and methods.** Hematological studies in broiler chickens were performed during a scientific and economic experiment. To perform the experiment using the method of analogues, 4 groups of chickens with 100 heads each were formed. Its duration was 37 days. The following compound feeds were used in the phase feeding of broiler chickens of

all compared groups: PK-0, PK-2, PK-5, PK-6 and PK-7. During the entire growing period (up to 37 days), a complex dietary supplement based on beta-carotene "BetaLad" was additionally injected into drinking water for young animals of I, II and III experimental groups at the rate of 100 heads: I experimental group – 1 ml from 1 to 28 days, 2 ml from 29 to 37 days; II experimental group - 2 ml from 1 to 28 days, 4 ml from 29 to 37 days; III experimental group – 3 ml from 1 to 28 days, 6 ml from 29 to 37 days. **Results and conclusions.** In the scientific and economic experience of experimental broiler chickens, morphological and biochemical blood parameters corresponded to the physiological norm. Young birds at 37 days of age surpassed the control group in the number of erythrocytes in the blood by 2.94; 8.46 (P <0.05) and 5.15 % (P <0.05), respectively, leukocytes - by 0.63; 0.78 and 1.41 %, hemoglobin content – by 2.27 (P <0.05); 6.98 (P <0.001) and 3.84 % (P <0.05), glucose – by 5.91 (P <0.05); 16.20 (P <0.001) and 9.63 % (P <0.05); in blood serum: total protein – by 2.38 (P <0.05); 4.51 (P <0.01) and 3.45 % (P <0.05), albumins – by 2.85 (P <0.05); 6.39 (P <0.01) and 4.65 % (P <0.01), globulins – by 2.07 (P <0.05); 3.24 and 2.63 % (P <0.05), cholesterol – by 7.45 (P <0.05); 18.34 (P <0.01) and 15.47 % (P <0.05), triglycerides – by 4.54; 10.91 (P <0.01) and 8.18 % (P <0.05). The chickens of the experimental groups had more intensive mineral metabolism.

Keywords: broiler chickens, drinking water, BetaLad food additive, morphological parameters, total protein, albumins, cholesterol, total calcium.

Citation. Ryadnov A. A., Salomatin V. V., Zlepkin D. A., Zlepkin V. A., Ryadnova T. A., Vorontsova E. S., Zinin E. P., Volkova O. A. Hematological status of broiler chickens when a complex food additive is introduced into drinking water. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 232-241 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-28.

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 636.5.033.087

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ В ПИТЬЕВУЮ ВОДУ КОМПЛЕКСНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ

А. А. Ряднов¹, доктор биологических наук, профессор
В. В. Саломатин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Д. А. Злепкин¹, доктор биологических наук, доцент
В. А. Злепкин¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Т. А. Ряднова, кандидат биологических наук, доцент
Е. С. Воронцова¹, кандидат биологических наук
Е. П. Зинин^{1, 2}, аспирант, главный технолог по птицеводству
О. А. Волкова¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²АО «Птицефабрика Краснодонская», Волгоградская область

Дата поступления в редакцию 29.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Работа выполнена в рамках тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2022 году по теме «Научное обоснование и оценка эффективности применения современных биодоступных препаратов, способных повышать физиологический статус, продуктивность и качества продукции сельскохозяйственной птицы».

Актуальность. Изучение новых, оказывающих комплексное воздействие на организм молодняка птицы кормовых биологически активных добавок и препаратов, апробация эффективных схем их применения являются актуальными и имеют научное и практическое значение для птице-

водства. **Материалы и методы.** Гематологические исследования у цыплят-бройлеров выполнили во время научно-хозяйственного опыта. Для выполнения опыта по методу аналогов сформировали 4 группы цыплят по 100 голов в каждой. Его продолжительность составила 37 дней. В фазовом кормлении цыплят-бройлеров всех сравниваемых групп использовали следующие комбикорма: ПК-0, ПК-2, ПК-5, ПК-6 и ПК-7. В питьевую воду молодняку I, II и III опытных групп в течение всего периода выращивания (до 37 дней) дополнительно вводили комплексную пищевую добавку на основе бета-каротина «БетаЛад» из расчета на 100 голов: I опытная группа – 1 мл с 1 по 28 день, 2 мл с 29 по 37 день; II опытная группа – 2 мл с 1 по 28 день, 4 мл с 29 по 37 день; III опытная группа – 3 мл с 1 по 28 день, 6 мл с 29 по 37 день. **Результаты и выводы.** В научно-хозяйственном опыте у подопытных цыплят-бройлеров морфологические и биохимические показатели крови соответствовали физиологической норме. Молодняк птицы в 37-дневном возрасте превосходил контрольную группу по количеству эритроцитов в крови соответственно на 2,94; 8,46 ($P < 0,05$) и 5,15% ($P < 0,05$), лейкоцитов – на 0,63; 0,78 и 1,41 %, содержанию гемоглобина – на 2,27 ($P < 0,05$); 6,98 ($P < 0,001$) и 3,84 % ($P < 0,05$), глюкозы – на 5,91 ($P < 0,05$); 16,20 ($P < 0,001$) и 9,63 % ($P < 0,05$); в сыворотке крови: общего белка – на 2,38 ($P < 0,05$); 4,51 ($P < 0,01$) и 3,45 % ($P < 0,05$), альбуминов – на 2,85 ($P < 0,05$); 6,39 ($P < 0,01$) и 4,65 % ($P < 0,01$), глобулинов – на 2,07 ($P < 0,05$); 3,24 и 2,63 % ($P < 0,05$), холестерина – на 7,45 ($P < 0,05$); 18,34 ($P < 0,01$) и 15,47 % ($P < 0,05$), триглицеридов – на 4,54; 10,91 ($P < 0,01$) и 8,18 % ($P < 0,05$). У цыплят опытных групп интенсивнее протекал минеральный обмен.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, питьевая вода, пищевая добавка «БетаЛад», морфологические показатели цыплят, гематологический статус цыплят.

Цитирование. Ряднов А. А., Саломатин В. В., Злепкин Д. А., Злепкин В. А., Воронцова Е. С., Зинин Е. П., Волкова О. А. Гематологический статус цыплят-бройлеров при введении в питьевую воду комплексной пищевой добавки. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 232-241. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-28.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из важнейших способов реализации продуктивного потенциала молодняка птицы является улучшение качества комбикормов и повышение их биологической ценности.

Ряднова Ю. А. и др. [5] подчёркивают, что большое значение придаётся использованию в кормлении птицы экологически безопасных биологически активных кормовых добавок и препаратов, положительно влияющих на их физиологическое состояние и мясную продуктивность.

Изучение новых, оказывающих комплексное воздействие на организм молодняка птицы кормовых биологически активных добавок и препаратов, апробация эффективных схем их применения являются актуальными и имеют научное и практическое значение для птицеводства.

Научный и практический интерес вызывает проведение экспериментальных исследований комплексной пищевой добавки на основе бета-каротина «БетаЛад» на гематологические показатели цыплят-бройлеров.

Для применения добавки «БетаЛад» молодняку птицы с питьевой водой необходимо изучить её влияние на обмен веществ и биохимические процессы, протекающие в организме.

Целью наших исследований являлось изучение морфологических и биохимических показателей крови цыплят-бройлеров при введении в питьевую воду комплексной пищевой добавки на основе бета-каротина «БетаЛад».

Материалы и методы. Для проведения научно-хозяйственного опыта в суточном возрасте по методу аналогов были сформированы четыре группы цыплят-бройлеров по 100 голов в каждой.

Опыт проводили в условиях АО «Птицефабрика Краснодонская» Иловлинского района Волгоградской области.

Используемые в экспериментальных исследованиях полнорационные комбикорма для подопытных цыплят-бройлеров по набору ингредиентов, содержанию питательных и биологически активных веществ, концентрации энергии были одинаковыми. Разница заключалась в том, что в питьевую воду молодняку птицы опытных групп вводили разное количество комплексной пищевой добавки «БетаЛад». В фазовом кормлении цыплят-бройлеров всех сравниваемых групп использовали следующие комбикорма: ПК-0, ПК-2, ПК-5, ПК-6 и ПК-7. В питьевую воду I, II и III опытных групп в течение всего периода выращивания (до 37 дней) дополнительно вводили комплексную пищевую добавку на основе бета-каротина «БетаЛад» из расчёта на 100 голов: I опытная группа – 1 мл с 1 по 28 день, 2 мл с 29 по 37 день; II опытная группа – 2 мл с 1 по 28 день, 4 мл с 29 по 37 день; III опытная группа – 3 мл с 1 по 28 день, 6 мл с 29 по 37 день.

Питательность рационов, фронт кормления и поения, плотность посадки, параметры микроклимата и режим освещения у всех сравниваемых групп были одинаковыми.

В возрасте 37 дней у подопытного молодняку у 6 голов из каждой сравниваемой группы был произведён забор крови. Морфологические и биохимические показатели крови у подопытного молодняку птицы определяли по общепринятым методикам. Экспериментальные данные были обработаны статистически с определением уровня достоверности различий между сравниваемыми группами.

Результаты. Кроветворные органы чувствительно реагируют на различные физиологические и особенно патологические воздействия на организм изменением состава крови. Кровь, являясь внутренней средой для всех органов и тканей, наиболее полно отражает в себе разнообразные биохимические и физиологические процессы, происходящие в организме. Она играет огромную роль в основных процессах обмена веществ. Определение количественных и качественных показателей ряда компонентов крови является одним из методов оценки состояния здоровья цыплят-бройлеров [2, 3, 7].

Данные морфологических и биохимических исследований крови подопытных цыплят-бройлеров варьировали в пределах физиологической нормы.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что введение в питьевую воду молодняку кур опытных групп комплексной пищевой добавки на основе бета-каротина «БетаЛад» способствует увеличению в крови количества эритроцитов и концентрации гемоглобина, в сравнении с контрольной группой (таблица 1).

Таблица 1 – Количество лейкоцитов, эритроцитов и уровень гемоглобина в крови цыплят-бройлеров сравниваемых групп (n=6)

Table 1 – The number of leukocytes, erythrocytes and hemoglobin levels in the blood of broiler chickens of the compared groups (n=6)

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	25,52±0,32	25,68±0,22	25,72±0,19	25,88±0,13
Эритроциты, 10 ¹² /л	2,72±0,04	2,80±0,02	2,95±0,08	2,86±0,03
Гемоглобин, г/л	95,50±0,92	97,67±0,33	102,17±0,95	99,17±1,08

Так, у цыплят-бройлеров I, II и III опытных групп в 37-дневном возрасте количество эритроцитов в крови было больше, чем в контрольной группе, соответственно на 0,08 (2,94 %); 0,23 (8,46 %; P < 0,05) и 0,14*10¹²/л (5,15 %; P < 0,05). При этом уровень гемоглобина в крови цыплят I, II и III опытных групп был выше, по сравнению с молодняком контрольной группы, соответственно на 2,17 (2,27 %; P < 0,05); 6,67 (6,98 %; P < 0,001) и 3,67 г/л (3,84 %; P < 0,05).

Преимущество по количеству эритроцитов и концентрации гемоглобина в крови между опытными группами установлено у II группы, которая превосходила по данным показателям I и III группы, соответственно на 0,15 (5,36 %); $0,09 \cdot 10^{12}/л$ (3,15 %) и 4,50 (4,61 %; $P < 0,01$); 3,0 г/л (3,02 %).

Количество эритроцитов и уровень гемоглобина в крови, в известной мере характеризует интенсивность окислительно-восстановительных процессов, происходящих в организме цыплят-бройлеров [9].

Таким образом, увеличение количества эритроцитов и концентрации гемоглобина в крови молодняка кур опытных групп в пределах физиологической нормы зависело от количества добавки «БетаЛад» и являлось положительным физиологическим критерием, свидетельствующим об интенсификации обменных процессов в организме.

В исследованиях установлено, что существенных различий по количеству лейкоцитов в крови у бройлеров сравниваемых групп не было. При этом их уровень в крови молодняка кур I, II и III опытных групп был несколько выше, по сравнению с контрольной группой: соответственно на 0,16 (0,63 %); 0,20 (0,78 %) и $0,36 \cdot 10^9/л$.

Исследования биохимических показателей крови являются одним из критериев оценки полноценности кормления молодняка птицы, а также позволяют выявить особенности обмена веществ у цыплят-бройлеров.

Известно, что белки являются наиболее важными биологически активными веществами. Их содержание в крови в известной степени определяет уровень интенсивности белкового обмена в организме цыплят-бройлеров.

Следовательно, об интенсивности белкового обмена в организме молодняка птицы можно судить по изменению содержания общего белка и белковых фракций в сыворотке крови.

Биохимические показатели крови, отражающие белковый обмен в организме подопытных цыплят, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров в 37-дневном возрасте (n=6)

Table 2 – Biochemical blood parameters of experimental broiler chickens at 37 days of age (n=6)

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Общий белок, г/л	35,67±0,26	36,52±0,18	37,28±0,28	36,90±0,29
Альбумины:	14,40±0,13	14,81±0,10	15,32±0,21	15,07±0,19
г/л	40,37	40,55	41,09	40,85
% от общ.				
Глобулины:	21,27±0,13	21,71±0,13	21,96±0,38	21,83±0,21
г/л	59,63	59,45	58,91	59,15
% от общ.				
Белковый индекс	0,68±0,003	0,68±0,004	0,70±0,02	0,69±0,01
Мочевина, ммоль/л	1,63±0,05	1,57±0,03	1,45±0,04	1,50±0,03
Мочевая кислота, мкмоль/л	342,14±12,52	313,71±11,50	306,15±5,39	310,59±6,68
Креатинин, мкмоль/л	32,32±0,15	32,03±0,16	31,10±0,28	31,45±0,28
АЛТ, ед./л	31,38±0,44	32,63±0,15	34,25±0,38	33,28±0,32
АСТ, ед./л	221,90±4,72	234,73±3,30	245,47±5,07	237,05±4,60
Холестерин, ммоль/л	3,49±0,09	3,75±0,07	4,13±0,11	4,03±0,19
Триглицериды, ммоль/л	1,10±0,02	1,15±0,04	1,22±0,03	1,19±0,03
Глюкоза, ммоль/л	10,49±0,11	11,11±0,17	12,19±0,35	11,50±0,34
Общий кальций, ммоль/л	2,72±0,04	2,79±0,02	2,93±0,03	2,84±0,02
Неорганический фосфор, ммоль/л	2,18±0,03	2,22±0,02	2,29±0,02	2,25±0,04

В процессе исследований у птицы опытных групп была выявлена тенденция повышения показателей белкового обмена.

Так, содержание общего белка в сыворотке крови цыплят I, II и III опытных групп было больше, чем у молодняка кур контрольной группы, соответственно на 0,85 (2,38 %; $P < 0,05$); 1,61 (4,51 %; $P < 0,01$) и 1,23 г/л (3,45 %; $P < 0,05$). При этом бройлеры II опытной групп по изучаемому показателю имели преимущество над молодняком кур I и III опытных групп, соответственно на 0,76 (2,08 %; $P < 0,05$) и 0,38 г/л (1,03 %).

Саломатин В. В., Коноблей Т. В., Самойлова Т. С., и др. [6] указывают, что концентрация общего белка в сыворотке крови у цыплят опытных групп была выше, чем в контрольной группе, что свидетельствует о лучшей транспортировке гормонов, липидов, минеральных веществ, пигментов к различным органам и системам организма.

Ранее сообщалось [4], что повышение содержания общего белка в сыворотке крови молодняка птицы опытных групп, по сравнению с контрольной группой, является наглядным доказательством более интенсивного белкового метаболизма в их организме.

Также содержание альбуминов и глобулинов в сыворотке крови молодняка птицы отражает интенсивность и направленность белкового обмена.

Введение в питьевую воду цыплят-бройлеров опытных групп добавки «Бета-Лад» способствовало повышению абсолютной и относительной концентрации альбуминов в сыворотке крови, по сравнению с птицей контрольной группы, : у цыплят I, II и III опытных групп абсолютное содержание альбуминов было достоверно выше, чем у аналогов контрольной группы, соответственно на 0,41 (2,85 %; $P < 0,05$); 0,92 (6,39 %; $P < 0,01$) и 0,67 г/л (4,65 %; $P < 0,01$).

Среди опытных групп превосходство по абсолютному содержанию альбуминов в сыворотке крови установлено у бройлеров II группы, которые имели преимущество по данному показателю над молодняком кур I и III групп, соответственно на 0,51 (3,44 %) и 0,25 г/л (1,65 %).

Увеличение уровня альбуминов в сыворотке крови свидетельствует не только об активности синтеза тканевого белка организма, но и об усилении функциональной деятельности печени [11].

Данные исследований свидетельствуют о том, что у цыплят контрольной группы относительное содержание глобулинов в сыворотке крови было выше, в сравнении с контрольной группой, соответственно на 0,18; 0,72 и 0,44 %. Однако абсолютное содержание глобулинов в сыворотке крови цыплят-бройлеров I, II и III опытных групп было больше, чем у аналогов контрольной группы, соответственно на 0,44 (2,07 %; $P < 0,05$); 0,69 (3,24 %) и 0,56 г/л (2,63 %; $P < 0,05$).

Белковый индекс сыворотки крови (А/Г) характеризует интенсивность белкового обмена в организме: чем выше этот индекс, тем эффективнее протекает белковый обмен, который, в свою очередь, оказывает влияние в целом на весь метаболизм.

Исследованиями установлено, что белковый индекс сыворотки крови у цыплят II и III опытных групп был выше, в сравнении с аналогами контрольной группы, соответственно на 2,94 и 1,47 %. Это указывает на то, что в их организме белковый обмен протекал лучше и эффективнее.

Об интенсивности белкового обмена у молодняка птицы можно судить по содержанию в крови продуктов распада азотистых веществ – мочевины и мочевой кислоты [13, 16].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в I, II и III опытных группах концентрация мочевины в сыворотке крови была ниже, в сравнении с контрольной группой, соответственно на 0,06 (3,68 %); 0,18 (11,04 %; $P < 0,05$) и 0,13 ммоль/л (7,98 %; $P < 0,05$), креатинина – на 0,29 (0,90 %); 1,22 (3,77 %; $P < 0,01$) и 0,87 мкмоль/л (2,69 %; $P < 0,05$).

Снижение концентрации мочевины в крови цыплят-бройлеров опытных групп, по сравнению с контролем, указывает на более интенсивное накопление белка в организме за счёт белков собственных тканей. Уменьшение уровня в сыворотке крови креатинина, метаболита распада белков в пределах физиологической нормы также указывает на преобладание в организме процессов синтеза белков над процессами их распада.

Аналогичная тенденция была выявлена у подопытных цыплят и относительно мочевой кислоты: у бройлеров I, II и III опытных групп её концентрация в сыворотке крови была ниже, чем у аналогов контрольной группы, соответственно на 28,43 (8,31 %); 35,99 (10,52 %; $P < 0,05$) и 31,55 мкмоль/л (9,22 %; $P < 0,05$). Данный показатель служит индикатором снижения распада и повышения синтеза белков.

Среди факторов белкового обмена большую роль играют аминотрансферазы (АЛТ и АСТ). Эти ферменты катализируют в организме животных важнейшие процессы, связанные с белковым обменом [1].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что активность АЛТ в сыворотке крови у цыплят-бройлеров I, II и III опытных групп была выше, чем у молодняка кур контрольной группы, соответственно на 1,25 (3,98 %; $P < 0,05$); 2,87 (9,14 %; $P < 0,001$) и 1,90 ед./л (6,05 %; $P < 0,01$). При этом у бройлеров II опытной группы данный показатель был выше, чем у аналогов I и III опытных групп, соответственно на 1,62 (4,96 %; $P < 0,01$) и 0,97 ед./л (2,91 %).

В процессе исследований установлено, что активность фермента АСТ оказалась более высокой в опытных группах. Возможно, это свидетельствует о более интенсивных процессах переаминирования аминокислот в тканях и органах под действием добавки «БетаЛад».

Так, у молодняка птицы I, II и III опытных групп активность АСТ в сыворотке крови была выше, по сравнению с аналогами контрольной группы, соответственно на 12,83 (5,78 %; $P < 0,05$); 23,57 (10,62 %; $P < 0,01$) и 15,15 ед./л (6,83 %; $P < 0,05$). Среди опытных групп преимущество по изучаемому показателю имели бройлеры II группы, которые превосходили птицу I и III групп на 10,74 (4,58 %) и 8,42 ед./л (3,55 %), соответственно.

Таким образом, снижение содержания креатинина, мочевой кислоты и мочевины с одновременным увеличением (в пределах физиологической нормы) уровня в крови общего белка, альбуминов, глобулинов, повышением активности АЛТ и АСТ отражают более интенсивный синтез аминокислот и белка в организме молодняка кур опытных групп, в сравнении с контролем.

Однако более интенсивный белковый обмен протекает у цыплят-бройлеров II опытной группы, которым дополнительно в питьевую воду вводили комплексную пищевую добавку «БетаЛад» из расчёта на 100 голов: 2 мл с 1 по 28 день; 4 мл с 29 по 37 день.

Изучение содержания глюкозы в крови молодняка птицы является показателем влияния добавки «БетаЛад» на углеводный обмен организма.

В своих исследованиях было установлено, что содержание глюкозы в крови цыплят I, II и III опытных групп было больше, чем у бройлеров контрольной группы, соответственно на 0,62 (5,91 %; $P < 0,05$); 1,70 (16,20 %; $P < 0,001$) и 1,01 ммоль/л (9,63 %; $P < 0,05$) (таблица 2). Это может характеризовать более высокий уровень энергообеспеченности организма цыплят опытных групп.

Также по содержанию холестерина в сыворотке крови молодняк кур I, II и III опытных групп превосходил бройлеров контрольной группы, соответственно на 0,26 (7,45 %; $P < 0,05$); 0,64 (18,34 %; $P < 0,01$) и 0,54 ммоль/л (15,47 %; $P < 0,05$), триглицеридов – на 0,05 (4,54 %); 0,12 (10,91 %; $P < 0,01$) и 0,09 ммоль/л (8,18 %; $P < 0,05$).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что у молодняка I, II и III опытных групп содержание общего кальция в сыворотке крови было больше, чем у цыплят-бройлеров контрольной группы, соответственно на 0,07 (2,57 %); 0,21 (7,72 %; $P < 0,01$) и 0,12 ммоль/л (4,41 %; $P < 0,05$), неорганического фосфора – на 0,04 (1,83 %); 0,11 (5,04 %; $P < 0,05$) и 0,07 ммоль/л (3,21 %).

Таким образом, биохимические показатели сыворотки крови, отражающие минеральный обмен у подопытного молодняка кур, свидетельствуют о том, что в их организме обмен кальция и фосфора протекал нормально.

Обсуждение. Многие учёные изучали влияние биологически активных кормовых добавок и препаратов на морфологические и биохимические показатели крови молодняка птицы [8, 10, 12, 14, 15]. В нашем исследовании введение цыплятам-бройлерам в питьевую воду разных доз комплексной пищевой добавки «БетаЛад», по сравнению с контрольной группой, способствовало повышению интенсивности окислительно-восстановительных процессов и обмена веществ в организме.

В процессе исследований установлено, что введение в питьевую воду бройлерам I, II и III опытных групп разных доз изучаемой пищевой добавки, по сравнению с молодняком птицы контрольной группы, способствует повышению в крови эритроцитов соответственно на 0,08 (2,94 %); 0,23 (8,46 %; $P < 0,05$) и $0,14 \cdot 10^{12}/л$ (5,15 %; $P < 0,05$), лейкоцитов – на 0,16 (0,63 %); 0,20 (0,78 %) и $0,36 \cdot 10^9/л$ (1,41 %), гемоглобина – на 2,17 (2,27 %; $P < 0,05$); 6,67 (6,98 %; $P < 0,001$) 3,67 г/л (3,84 %; $P < 0,05$), глюкозы – на 0,62 (5,91 %; $P < 0,05$); 1,70 (16,20 %; $P < 0,001$) и 1,01 ммоль/л (9,63 %; $P < 0,05$); в сыворотке крови: общего белка – на 0,85 (2,38 %; $P < 0,05$); 1,61 (4,51 %; $P < 0,01$) и 1,23 г/л (3,45 %; $P < 0,05$), альбуминов – на 0,41 (2,85 %; $P < 0,05$); 0,92 (6,39 %; $P < 0,01$) и 0,67 г/л (4,65 %; $P < 0,01$), глобулинов – на 0,44 (2,07 %; $P < 0,05$); 0,69 (3,24 %) и 0,56 г/л (2,63 %; $P < 0,05$), холестерина – на 0,26 (7,45 %; $P < 0,05$); 0,64 (18,34 %; $P < 0,01$) и 0,54 ммоль/л (15,47 %; $P < 0,05$), триглицеридов – на 0,05 (4,54 %); 0,12 (10,91 %; $P < 0,01$) 0,09 ммоль/л (8,18 %; $P < 0,05$), общего кальция – на 0,07 (2,57 %); 0,21 (7,72 %; $P < 0,01$) и 0,12 ммоль/л (4,41 %; $P < 0,05$), неорганического фосфора – на 0,04 (1,83 %); 0,11 (5,04 %; $P < 0,05$) и 0,07 ммоль/л (3,21 %).

Следовательно, выявленные изменения морфологических и биохимических показателей крови у подопытных цыплят-бройлеров указывают на усиление окислительно-восстановительных и обменных процессов у молодняка птицы опытных групп.

Выводы. Данные исследований гематологических показателей показывают, что введение в питьевую воду цыплятам-бройлерам опытных групп разного количества комплексной пищевой добавки «БетаЛад» способствует интенсификации окислительно-восстановительных процессов в организме и, как следствие, усилению интенсивности обменных процессов. При этом наиболее интенсивно эти процессы происходили в организме бройлеров II опытной группы, которым в питьевую воду вводили комплексную добавку «БетаЛад» из расчёта на 100 голов: 2 мл с 1 по 28 день, 4 мл с 29 по 37 день.

Библиографический список

1. Аминокислотный состав белков и качество мяса цыплят бройлеров при использовании премиксов на основе концентрата "Горlinka" / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, И. Ю. Даниленко, В. Н. Рудников // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 87-91.
2. Влияние антиоксиданта на показатели крови цыплят-бройлеров / Г. А. Хакимова, В. Н. Шилов, Р. М. Ахмадуллин [и др.] // Птицеводство. 2018. № 8. С. 42-46.
3. Влияние лактулозы в составе новых кормовых добавок на характеристики мясной продуктивности и обменные процессы бройлеров / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, З. Б. Комарова [и др.] // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 32-36.

4. Влияние биологически активной добавки на морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров / В. В. Саломатин, А. А. Ряднов, Т. А. Ряднова, Ю. А. Ряднова // Птицеводство. 2021. № 3. С. 45-48.

5. Гематологический статус цыплят-бройлеров при введении в питьевую воду кормовых добавок Биоферрон и Биоцинк / Ю. А. Ряднова, В. В. Саломатин, А. А. Ряднов [и др.] // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2022. Т. 249 (I). С. 167-175.

6. Гематологический статус цыплят-бройлеров при скормливанием селенорганического препарата и кормовой пробиотической добавки / В. В. Саломатин, А. А. Ряднов, Т. В. Коноблея [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 258-268.

7. Головкин А. Влияние препарата Факс-1 на биохимию цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2011. № 9. С. 47-49.

8. Зяблицева М. А., Белооков А. А. Кормление цыплят-бройлеров при добавлении микробиологических препаратов // Птицеводство. 2017. № 8. С. 21-25.

9. Иванов С. М., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. Биологически активные добавки нового поколения и их использование в кормлении цыплят-бройлеров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 6 (203). С. 48-60.

10. Изменение в крови цыплят-бройлеров при введении в рацион новой кормовой добавки / С. В. Недопёкина, С. Д. Чернявских, И. Н. Гальцева, А. Д. Коваленко // Птицеводство. 2018. № 10. С. 26-28.

11. Использование в рационах петухов тыквенного жмыха, обогащённого биодоступной формой йода / З. Б. Комарова, Т. В. Берко, С. М. Иванов, Д. Н. Ножинк // Птицеводство. 2015. № 7. С. 29-33.

12. Котарев В. И., Денисенко Л. И. Показатели крови молодняка кур-несушек при применении спороносодержащего пробиотика // Птица и птицепродукты. 2020. № 3. С. 46-48.

13. Effect of in ovo injection of some B-group vitamins on performance of broiler breeders and their progeny / V. Tufarelli, V. Laudadio, F. Ghane [et al.] // World's Poultry Science Journal. 2021.

14. Environmentally friendly protein supplements in poultry feeding / E. A. Lipova, O. Y. Bryukhno, S. Y. Agapov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022. V. 965. P. 012022.

15. Method of growing broiler chickens using new feed additives / I. A. Semenova, M. V. Frolova, M. I. Slozhenkina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Volume 848. P. 12065.

16. Using protein concentrate in livestock and poultry diets for sustainable agriculture / S. I. Nikolaev, A. D. Imangaliev, Y. M. Batrakova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Volume 965. P. 012031.

Информация об авторах:

Ряднов Алексей Анатольевич, проректор по научно-исследовательской работе, заведующий кафедрой "Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор биологических наук, профессор, e-mail: radnov@mail.ru

Саломатин Виктор Васильевич, профессор кафедры «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор; e-mail: zootechnia@mail.ru

Злепкин Дмитрий Александрович, профессор кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор биологических наук, доцент, e-mail: dzlepin@volgau.com

Злепкин Виктор Александрович, заведующий кафедрой «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, доцент; e-mail: vzlepin@mail.ru

Ряднова Тамара Александровна, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, доцент, e-mail: radnova@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, e-mail: esvoronts@gmail.com

Зинин Евгений Павлович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26); главный технолог по птицеводству АО «Птицефабрика Краснодарская» (403071, Волгоградская область, Иловлинский район, р.п. Иловля)

Волкова Ольга Александровна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26)

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-29

EFFICIENCY OF SILIOSTIN AT DELAYED CONSOLIDATION OF COMPLETE COMMINUTED AND SPLINTED FRACTURES OF TUBULAR BONES WITH DISPLACEMENT IN DOGS

M. P. Semenenko¹, D. P. Vinokurova², A. M. Sampiev¹, K. A. Semenenko¹,
E. V. Kuzminova¹

¹Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine

²Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin

Received 10.08.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

The article is devoted to the study of the therapeutic efficiency of the osteotropic drug siliostin at delayed consolidation of complete comminuted and splinted fractures of tubular bones with displacement in dogs. The article discusses the results of clinical observation, x-rays and biochemical blood tests before and after the use of the drug.

Abstract

Introduction. Because of the significant increase in the number of domestic animals with injuries and injuries of the limbs, as well as chronic diseases of osteoarticular pathology, there is a need for effective and affordable medical support for this group of diseases in veterinary traumatology. **Object.** The object of the study was the drug siliostin, which has a stimulating effect on osteogenesis, organic matrix synthesis and calcification processes in animals. **Materials and methods.** An experiment involved dogs at the age of 1.5–2 years with open and closed comminuted and splinted fractures of tubular bones (femur and forearm) with displacement, kept in the Krasnodar shelter (Krasnodar). Upon admission to the shelter, all animals underwent surgical manipulations of varying complexity for the reposition of bone fragments (osteosynthesis), however, despite fixation, the ossification process was delayed. Therefore, the animals were given daily with the wet food the drug siliostin at a dose of 0.6 g/kg of body weight until the clinical improvement of fractures. During the experimental period blood sampling was carried out in dynamics to assess morpho-biochemical homeostasis and identify markers of bone tissue metabolism, as well as x-ray analysis of injured limbs. Biochemical studies of blood serum were carried out on an automated analyzer Vitalab Selectra Junior, manufacturer Vital Scientific N. V. Netherlands, using reagents from ELITech Clinical Systems (France) and Analyticon biotechnologies AG (Germany); hematological studies were carried out on the veterinary hematological analyzer Mythic 18 vet., manufacturer C2 DIAGNOSTICS S.A., France. X-ray diagnostics was carried out on an Orange 1040HF Collimator (S/N : 1908-5CL01) (Korea) in direct projection. **Results and conclusion.** The use of siliostin in dogs with delayed consolidation of comminuted and splinted bones of the lower extremities had a pronounced positive effect on the processes of bone tissue regeneration and its calcification, normalization of bone functions, reduction of inflammatory processes in the surrounding soft tissues, as well as improvement in blood parameters, and, first of all, markers of osteogenesis.

Key words: bone tissue, dogs, siliostin, fractures, osteogenesis, delayed consolidation, displacement, tubular bones

Citation. Semenenko M. P., Vinokurova D. P., Sampiev A. M., Semenenko K. A., Kuzminova E. V. Efficiency of siliostin at delayed consolidation of complete comminuted and splinted fractures of tubular bones with displacement in dogs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 241-252 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-29.

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

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

УДК 619:616.717.4-001.5-089.84

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИЛИОСТИНА ПРИ ЗАМЕДЛЕННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ПОЛНЫХ ОСКОЛЬЧАТЫХ И РАЗДРОБЛЕННЫХ ПЕРЕЛОМОВ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ СО СМЕЩЕНИЕМ У СОБАК

М. П. Семененко¹, доктор ветеринарных наук, доцент

Д. П. Винокурова², кандидат ветеринарных наук

А. М. Сампиев¹, доктор фармацевтических наук

К. А. Семененко¹, кандидат экономических наук

Е. В. Кузьминова¹, доктор ветеринарных наук, доцент

¹ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 10.08.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. В связи со значительно возросшим в городах количеством домашних животных с травмами и повреждениями конечностей, а также хроническими заболеваниями костно-суставной патологии в ветеринарной травматологии возникла необходимость в эффективном и доступном медикаментозном сопровождении данной группы заболеваний.

Объект. Объектом исследования явился препарат силиостин, оказывающий стимулирующее действие на остеогенез, синтез органического матрикса и процессы кальцификации у животных. **Материалы и методы.** В эксперименте приняли участие собаки в возрасте 1,5–2 лет с наличием открытых и закрытых оскольчатых и раздробленных переломов трубчатых костей (бедро и предплечье) со смещением, содержащиеся в приюте «Краснодог» (г. Краснодар). При поступлении в приют всем животным были проведены хирургические манипуляции разной сложности для репозиции костных отломков (остеосинтез), однако, несмотря на фиксацию, процесс оссификации был замедлен. Поэтому животным ежедневно с влажным кормом задавался препарат силиостин в дозе 0,6 г/кг массы тела до клинического улучшения переломов. На протяжении экспериментального периода в динамике осуществлялся отбор крови для оценки морфо-биохимического гомеостаза и выявления маркеров метаболизма костной ткани, а также рентген-анализ поврежденных конечностей. Биохимические исследования сыворотки крови проводились на автоматизированном анализаторе Vitalab Selectra Junior, изготовитель Vital Scientific N. V. Netherlands, с использованием реактивов фирмы ELITech Clinical Systems (Франция) и Analyticon biotechnologies AG (Германия); гематологические – на ветеринарном гематологическом анализаторе Mythic 18 vet., производитель «C2 DIAGNOSTICS S.A.», Франция. Рентгенодиагностика осуществлялась на аппарате Orange 1040HF Collimator (S/N: 1908-5CL01) (Корея) в прямой проекции. **Результаты и выводы.** Применение силиостина собакам с замедленной консолидацией оскольчатых и раздробленных костей нижних конечностей оказало выраженный положительный эффект на процессы регенерации костной ткани и ее кальцификацию, нормализацию функций костей, снижение воспалительных процессов в окружающих их мягких тканях, а также улучшение показателей крови, и в первую очередь маркеров остеогенеза.

Ключевые слова: костные ткани собак, болезни собаки, силиостин, остеогенез, замедленная консолидация, трубчатые кости собак.

Цитирование. Семененко М. П., Винокурова Д. П., Сампиев А. М., Семененко К. А., Кузьмина Е. В. Эффективность силиостина при замедленной консолидации полных оскольчатых и раздробленных переломов трубчатых костей со смещением у собак. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 241-252. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-29.

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. Собака (лат. *Canis familiaris*, или *Canis lupus familiaris*) – одно из наиболее популярных домашних животных-компаньонов, эмоционально связанных с человеком. Являясь социальным животным, ориентируясь на окружающих их людей, собаки проявляют по отношению к своим хозяевам искреннюю любовь и преданность. Возросшее в последние десятилетия в городах и мегаполисах поголовье собак различных пород связано со многими причинами – это и потребность в общении и самозащите человека, использование собак в лечебной и послеоперационной реабилитации, в качестве поводырей для людей с ограниченными физическими возможностями, в поисково-спасательных и служебно-розыскных операциях, а также увеличение спроса на декоративные породы собак, выполняющих функцию «партнера в общении и проведении досуга».

При этом в связи с интенсивным ростом автотранспорта в населенных пунктах среди животных, и в первую очередь собак, значительно возросло количество травм различного характера, а также сама тяжесть травмирования, когда оперирующим хирургам приходится иметь дело с множественными сочетанными повреждениями длинных трубчатых костей. Среди механических травм переломы костей встречаются в 44,5 % случаев. Из них до 59 % приходится на переломы трубчатых костей конечностей [3-5, 7]. Переломы костей диагностируются как самые распространенные морфологические нефункциональные нарушения опорно-двигательного аппарата животных.

Согласно Д. И. Доманову (2017), травматизм собак в последние годы увеличился на 12–16 %, составляя до 52,1 % от всех хирургических болезней, в том числе на долю костно-суставной патологии конечностей приходится 19,8 % [2]. Таким образом, проблема стимуляции остеогенеза является одной из актуальных, что обусловлено большим количеством больных животных ортопедотравматологического профиля с повреждениями, протекающими с угнетением репаративного остеогенеза, а также заболеваниями опорно-двигательного аппарата, в патогенезе которых лежит дисбаланс нормального костеобразования [9].

Последнее десятилетие характеризуется большими достижениями в ветеринарной травматологии. Целый ряд фундаментальных исследований позволяет с новых позиций рассматривать этиологию многих заболеваний опорно-двигательного аппарата и разрабатывать более совершенные методы лечения переломов костей [1, 10, 11].

Ветеринарные врачи-травматологи в настоящее время располагают новыми мощными факторами биологического, физического и химического воздействия на костную ткань – нуклеиновые кислоты, гормоны, анаболические стероидные препараты, растительные экстракты, электрическое и магнитное поля, энергия ультразвука и лазера, оксигаротерапия и другое. Однако сам факт множества разных методов и средств свидетельствует о малой их эффективности и неудовлетворенности травматологов имеющимися способами, так как многие из них не всегда дают желательный результат. На данный момент при сложных переломах чаще всего применяют остеосинтез, но даже если удастся собрать кость, то не всегда исход лечения оказывается поло-

жительным. Восстановление может затягиваться на длительный период и переходить в хроническое, либо конечность приходится ампутировать. При некоторых полных оскольчатых и раздробленных переломах трубчатых костей со смещением ветеринарные врачи вообще не берутся за лечение. Одной из причин является отсутствие лекарственных средств для качественного и быстрого восстановления костной ткани за приемлемую для владельцев стоимость, не обладающих негативными побочными эффектами.

С учетом вышесказанного, в отделе фармакологии Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии разработан комплексный препарат силиостин, который, благодаря своему составу, целенаправленно влияет на процессы остеогенеза, помогая ускорять восстановление костной ткани, даже при сложных оскольчатых переломах.

Объект исследования – препарат силиостин, обладающий фармакологической активностью при метаболической остеопатологии у собак. Силиостин – сложный порошок бежевого цвета без вкуса и запаха, в состав которого входят природные компоненты, содержащие флавоноиды, сапонин эквицетонин (до 5 %), каротин, кислоту аскорбиновую (до 0,19 %), кремниевую (до 25 %), бициклические сесквитерпеноиды, аконитовую, яблочную, щавелевую кислоты, вещества дубильные и смолистые, витамин Д₃, а также природные алюмосиликатные минералы с большим содержанием аморфного кремния и других эссенциальных макро- и микроэлементов [8].

Материалы и методы. Терапевтическая эффективность силиостина была апробирована на собаках в возрасте 1,5–2 лет с наличием открытых и закрытых оскольчатых и раздробленных переломов трубчатых костей (бедро и предплечье) со смещением, содержащихся в приюте «Краснодог» (г. Краснодар). У одного животного перелом возник в результате огнестрельного ранения, при этом осколки пули в процессе первичного осмотра собаки извлечь не удалось. При поступлении в приют всем животным были проведены хирургические манипуляции разной сложности для репозиции костных отломков (остеосинтез), однако, несмотря на фиксацию, процесс оссификации был замедлен. Поэтому было принято решение опытным животным ежедневно с влажным кормом задавать препарат силиостин в дозе 0,6 г/кг массы тела. Другое медикаментозное лечение не проводилось. На протяжении экспериментального периода в динамике проводился отбор крови для оценки морфо-биохимического гомеостаза и выявления маркеров метаболизма костной ткани, а также рентген-анализ поврежденных конечностей. Кроме того, в ходе эксперимента регулярно учитывалось общее состояние животных, особенности их поведения, координация движений, интенсивность и характер двигательной активности, тонус скелетных мышц, наличие и степень хромоты, а также способность животных опираться на травмированную конечность. Биохимические исследования сыворотки крови проводились на автоматизированном анализаторе Vitalab Selectra Junior с версией программного обеспечения 1.0. (открытая система для проведения фотометрических тестов, изготовитель Vital Scientific N. V. Netherlands) с использованием реактивов фирмы ELITech Clinical Systems (Франция) и Analyticon biotechnologies AG (Германия); гематологические – на ветеринарном гематологическом анализаторе Mythic 18 vet., производитель «C2 DIAGNOSTICS S.A.», Франция. Рентгенодиагностика осуществлялась на аппарате Orange 1040HF Collimator (S/N : 1908-5CL01) (Корея) в прямой проекции. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакетов статистических программ ARCADE, Microsoft Excel XP и Statistical for Windows. Исследование количественных признаков оценивалось методом сравнения средних значений двух выборочных совокупностей с определением критерия Стьюдента и уровня значимости (p).

Результаты и выводы. Клиническими наблюдениями за животными отклонений в их индивидуальном и социальном поведении, а также физиологических показателей температуры, пульса и дыхания установлено не было. Общее состояние оценивалось как «удовлетворительное», однако со стороны двигательной активности были отмечены нарушения различной тяжести, проявляемые отсутствием опоры на травмированную конечность и болезненностью в области перелома. У одной из собак (кличка Казак) был снижен аппетит. При этом данные анамнеза болезни подтвердили отсутствие улучшений со стороны клинического состояния и замедленную консолидацию несросшихся костных переломов.

Анализ гематологических показателей крови собак выявил определенные изменения в показателях гемоглобина и некоторых клеточных эритроцитарных индексов (таблица 1).

Таблица 1 – Морфологические показатели крови собак до терапии силиостином (n=5, M±m)

Table 1 – Morphological parameters of dogs' blood before siliostin therapy (n=5, M±m)

Показатель / Indicator	Значения / Values	Границы референсных пределов / Reference limits
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / Leukocytes, 10 ⁹ /l	8,1±1,4	6,0-17,0
Лимфоциты, 10 ⁹ /л / Lymphocytes, 10 ⁹ /l	1,9±0,3	0,8-5,1
Моноциты, 10 ⁹ /л / Monocytes, 10 ⁹ /l	0,75±0,28	0-1,8
Гранулоциты, 10 ⁹ /л / Granulocytes, 10 ⁹ /l	5,4±0,9	4-12,6
Эритроциты, 10 ¹² /л / Erythrocytes, 10 ¹² /l	8,2±0,75	5,5-8,5
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	116,3±9,4	110-190
Гематокрит, % / Hematocrit, %	37,3±2,7	39-56
Гранулоциты, % / Granulocytes, %	68,0±4,6	60-83
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	23,6±5,1	12-45
Моноциты, % / Monocytes, %	8,4±0,7	2-9
Средний объём эритроцита, фл / Average erythrocyte volume, fl	47,6±7,0	62-72
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг / Average amount of hemoglobin in an erythrocyte, pg	14,3±1,9	20-25
Среднее количество гемоглобина в эритроците, г/л / Average amount of hemoglobin in an erythrocyte, g/l	303,5±23,1	300-380
Ширина распределения эритроцитов, % / Distribution width of erythrocytes, %	16,7±2,5	11-15,5
Тромбоциты, 10 ⁹ /л / Thrombocytes, 10 ⁹ /l	304±11,8	117-460
Средний объём тромбоцитов, фл / Average thrombocytes volume, fl	9,5±2,1	7-12,9
Тромбоциты, % / Thrombocytes, %	0,31±0,04	0,9-5,8

Так, концентрация гемоглобина регистрировалась на нижних значениях видовой нормы, что, в сочетании с пониженными показателями его содержания в эритроците при одновременном уменьшении объема самого эритроцита, может указывать на признаки начальной стадии железодефицитной анемии и отражать пролиферативную активность костного мозга с изменением популяции нормальных по объему эритроцитов.

Тромбоциты зависят от числа тромбоцитов – первичного звена гемостаза, указывая на состояние свертывающей и противосвертывающей системы крови, и при низких значениях может служить дополнительным критерием развития анемического состояния у собак, связанного с нарушением процессов эритропоэза в красном костном мозге.

Остальные показатели периферической крови у животных регистрировались в пределах средненормальных значений и существенных изменений не претерпели.

В биохимических показателях сыворотки крови собак основные нарушения выявлялись в белковом и ферментном обменах (таблица 2).

Таблица 2 – Биохимические показатели сыворотки крови собак до терапии силиостином (n=5, M±m)

Table 2 – Biochemical parameters of blood serum of dogs before siliostin therapy (n=5, M±m)

Показатели / Indicators	Значения / Values	Границы референсных пределов / Reference limits
Белок общий, г/л / Total protein, g/l	100,6±9,2	55-71
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	7,8±0,58	3,5-9,2
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	3,73±0,33	3,3-5,6
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	3,62±0,4	2,8-6,9
Аланинаминотрансфераза, Ед/л / Alanine aminotransferase, U/l	34±4,1	15-58
Аспартатаминотрансфераза, Ед/л / Aspartate aminotransferase, U/l	42,7±3,9	16-43
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	352±19,7	10-100,7
Амилаза, Ед/л / Amylase, U/l	1175,6±24,3	300-1500
Общий билирубин, мкмоль/л / Total bilirubin, μmol/l	7,6±0,8	1,7-10,6
Прямой билирубин, мкмоль/л / Direct bilirubin, μmol/l	1,57±0,2	0-2,5
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol/l	92,3±5,6	55-114
Хлориды, ммоль/л / Chlorides, mmol/l	100,4±7,0	107-126
Кальций общий, ммоль/л / Total calcium, mmol/l	2,06±0,07	2,3-3,3
Фосфор неорганический, ммоль/л / Phosphorus inorganic, mmol/l	1,6±0,11	1,1-3

У всех животных в сыворотке крови до назначения препарата наблюдалась гиперпротеинемия, регистрируемая при воспалительных процессах и нарушении целостности тканей, а также при вторичных остеодистрофиях, ревматоидных артритах и эндотоксикозах. Выявляемая умеренная гипохлоремия, возможно, связана, с относительной дегидратацией и не может служить информативным показателем, поскольку эксперимент проводился в летнее время.

При оценке концентрации щелочной фосфатазы установлено ее значительное увеличение (более чем в 3,5 раза). Щелочная фосфатаза не является строго органоспецифическим ферментом, и ее повышение наблюдается, в основном, при двух патологиях – заболеваниях печени и желчевыводящих путей и костной патологии.

В костях щелочная фосфатаза образуется в остеобластах и при повышенном разрушении костной ткани может отмечаться увеличение ее уровня в крови. А если учитывать значения ряда биохимических тестов, формирующих так называемый гепатологический профиль функционального состояния печени, которые, в нашем случае, находились в пределах референсных значений, то можно говорить об увеличении в крови именно костной изоформы щелочной фосфатазы. Регуляторным механизмом остеогенеза может быть изменение концентрации остатков фосфорных кислот за счет отщеп-

ления щелочной фосфатазы от глицеро- или гексофосфатов. В результате изменяется соотношение фосфатных ионов и ионов кальция, что приводит к отложению нерастворимых минеральных солей – образованию минерального матрикса кости.

И здесь следует отметить, что на фоне происходящих регенерационных процессов, в сыворотке крови регистрируется достаточно низкий уровень общего кальция, который играет ключевую роль в минерализации костной ткани. Доказано, что любой перелом сопровождается потерей костной массы на 2–15 % и может привести к повышенному риску возникновения вторичного перелома в месте формирования костной мозоли. Поэтому, в период остеорепаляции дефицит кальция только усугубляет посттравматическую потерю костной массы. Это подразумевает клинически обоснованную терапевтическую потребность в повышенном кальции и может объяснить отсутствие улучшений со стороны состояния собак с травмами конечностей.

Применение силиостина оказало влияние на общее состояние животных, у собак снизилась болезненность в области перелома с сильной до умеренной/слабой, появилась возможность осторожной опоры на конечность с сохранением хромоты.

В норме стадии восстановления перелома делятся на следующие временные промежутки: соединительно-тканная мозоль формируется за 10–15 дней, а отломки срастаются в течение 35–45 дней. Однако у животных в эксперименте стадии были значительно удлинены и переломы длительное время не заживали [4].

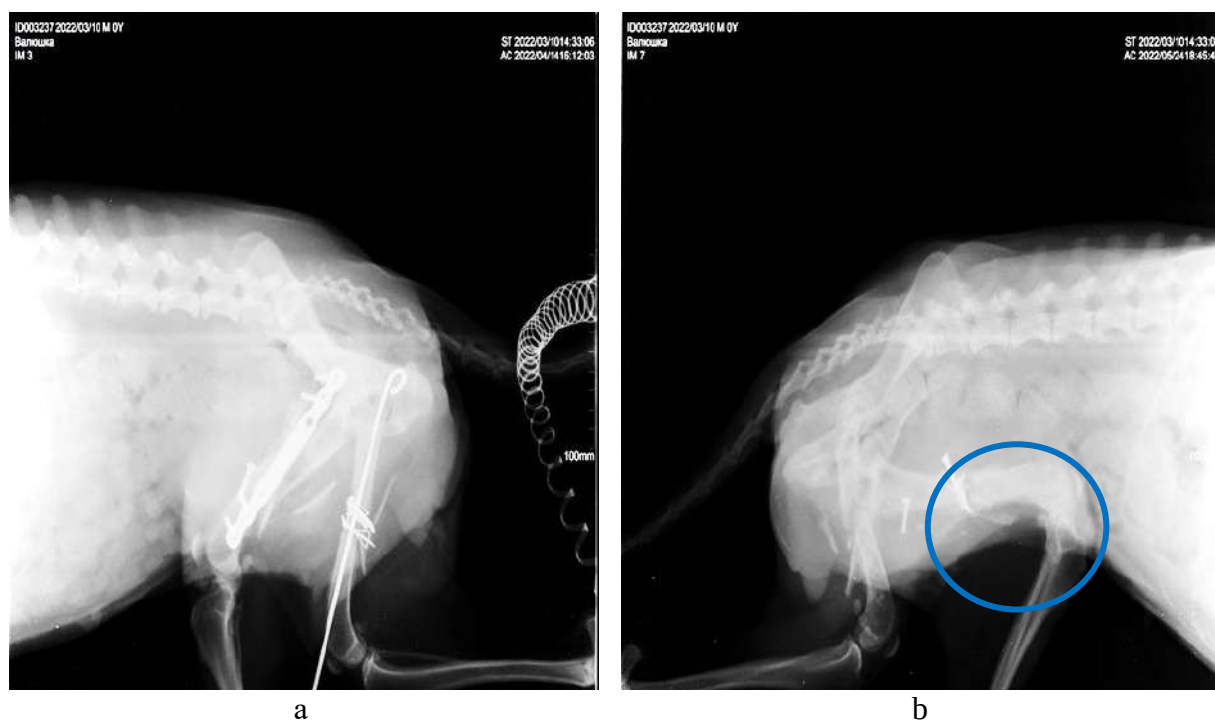


Рисунок 1 – Рентгенограммы бедренных костей собаки Валушки

а – после накостного остеосинтеза пластиной с фиксацией свободного фрагмента проволокой;
б – через месяц после терапии силиостином

Figure 1 – Radiographs of the femur bones of the dog Valyushka

а – after bone osteosynthesis with a plate with fixation of a free fragment with a wire;
б – one month after siliostin therapy

На рентгеновских снимках собаки Валушки (пример 1, рис. 1) выявлены переломы обеих бедренных костей, при которых был проведен накостный остеосинтез пластинами с дополнительной фиксацией проволокой, однако они не выдержали и их пришлось снять.

При контрольной рентгенографии была установлена нестабильность накостного остеосинтеза и отсутствие признаков консолидации. У данной собаки ситуация была самой тяжелой, однако даже при таких умеренных улучшениях наблюдались постепенные процессы уплотнения костной ткани и формирование костной мозоли. На рентгенограмме, полученной через месяц, видны отчетливые признаки сближения отломков, отмечена консолидация перелома. Кость приняла нормальную анатомическую форму.

У Казака (пример 2, рисунок 2), спустя длительный реабилитационный период без улучшений, применение силиостина активизировало третью фазу заживления перелома. На снимках «до» визуализируются разрозненные костные отломки, границы костей размыты, линия компактного вещества просматривается нечетко.

На контрольных рентгенограммах, сделанных через 30 дней, выявлены более четкие границы костей, выраженная плотность и контрастность, а также линия компактного вещества, что говорит о повышении минерализации костей. Хорошо просматривается соединение костных отломков и развитие четвертой фазы формирования костной мозоли.

Форма кости соответствует норме и не имеет отклонений, что в дальнейшем обеспечит полное восстановление двигательной активности собаки.

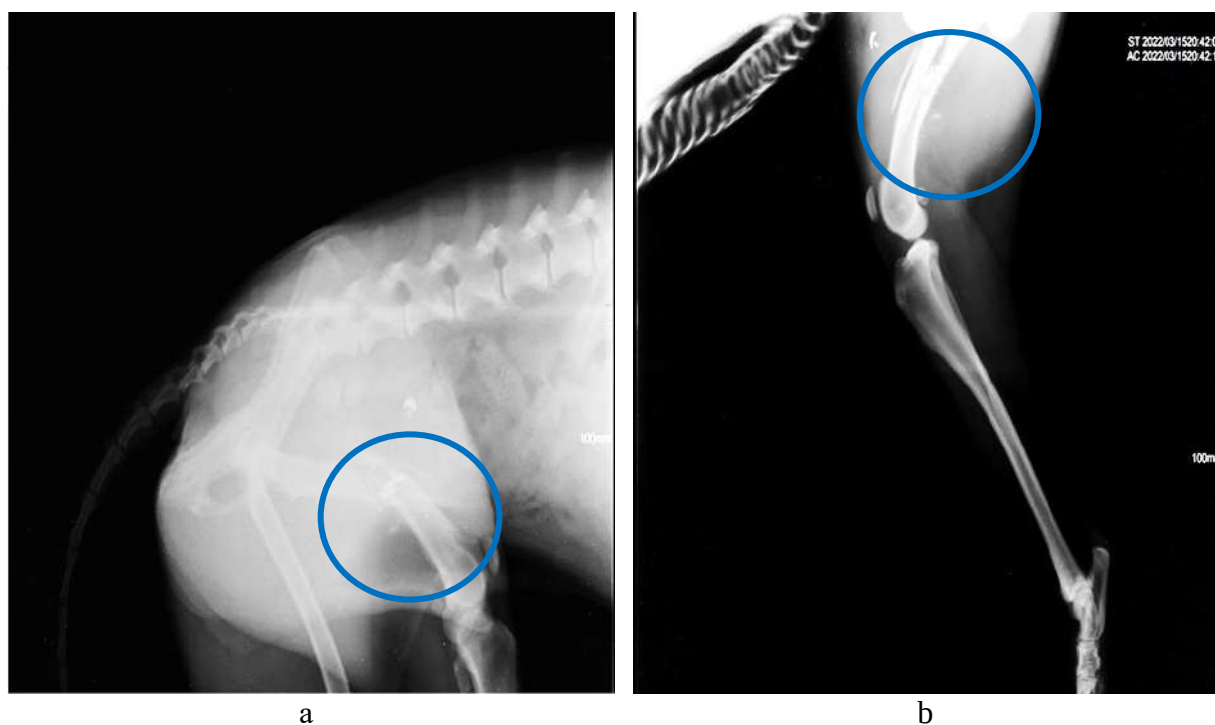


Рисунок 2 – Рентгенограммы бедренных костей собаки Казака (2 года):

a – разломы костных отломков;

b – соединение костных отломков, восстановление структуры кости

Figure 2 – Radiographs of the femur bones of the dog Cossack (2 years):

a – bone fractures;

b – connection of bone fragments, restoration of bone structure

Пес Весельчак (пример 3) поступил в приют с травмой и оскольчатый переломом верхней трети диафиза правой задней конечности. При назначении терапии силиостином был поставлен диагноз – замедленная консолидация перелома после остеосинтеза спицами; несостоятельность накостного остеосинтеза. Однако уже через две

недели после начала эксперимента у собаки было диагностировано восстановление опоры. Через месяц наkostный фиксатор был удален, после удаления спицы отмечена консолидация перелома и развитие третьей стадии восстановления костной ткани (рисунок 3). Движения в смежных суставах сохранены в полном объеме.

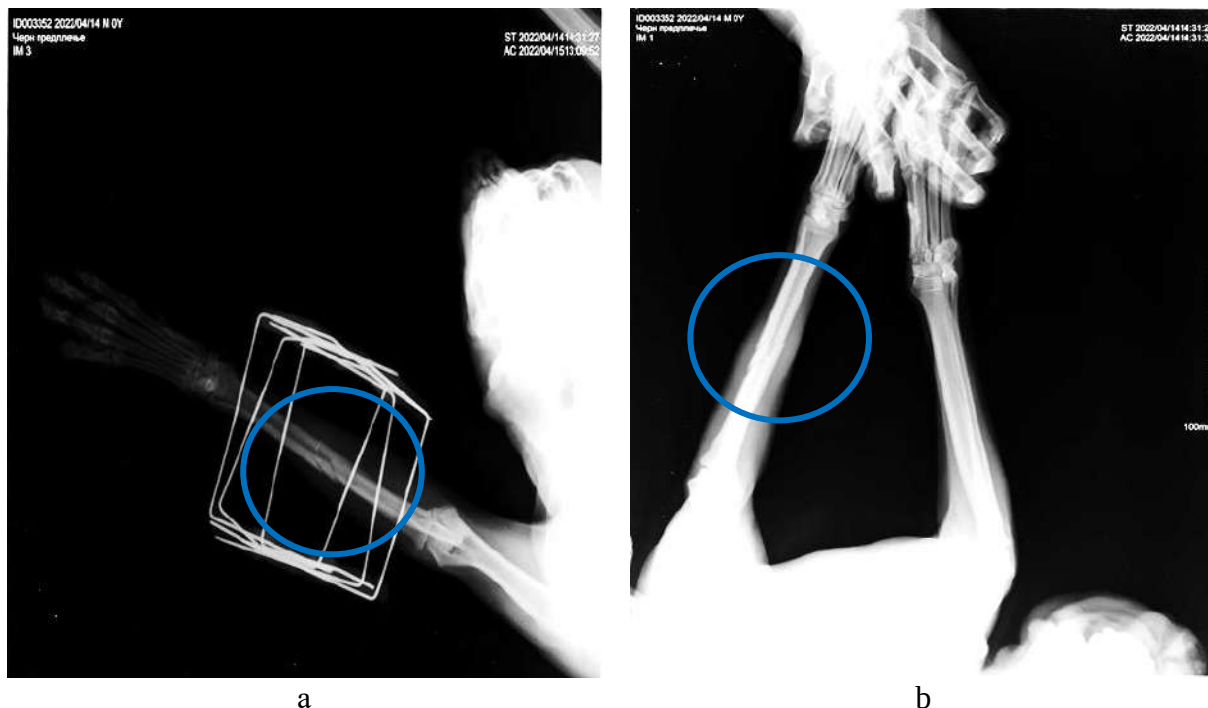


Рисунок 3 – Рентгенограммы бедренных костей собаки Весельчака (1,5 года)
а – после реконструкции бедренной кости с фиксацией спицами;
б – четкий контраст компактного и губчатого вещества, восстановление костной ткани

Figure 3 – Radiographs of the femur bones of the dog Veselchak (1.5 years)

а – after reconstruction of the femur bone with pin fixation;

б – clear contrast of compact and spongy substance, restoration of bone tissue

Результатами морфо-биохимического исследования крови животных установлено, что ежедневное использование силиостина в медикаментозной терапии оскольчатых и раздробленных переломов трубчатых костей со смещением у собак, оказало положительное влияние на гомеостаз крови (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Морфологические показатели крови собак после терапии силиостином (n=5, M±m)

Table 3 – Morphological parameters of dogs' blood after siliostin therapy (n=5, M±m)

Показатель / Indicator	Значения / Values	Границы референсных пределов / Reference limits
1	2	3
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$ / Leukocytes, $10^9/\text{l}$	$9,2 \pm 0,9$	6,0-17,0
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$ / Lymphocytes, $10^9/\text{l}$	$2,0 \pm 0,41$	0,8-5,1
Моноциты, $10^9/\text{л}$ / Monocytes, $10^9/\text{l}$	$1,1 \pm 0,33$	0-1,8
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$ / Granulocytes, $10^9/\text{l}$	$5,1 \pm 0,76$	4-12,6
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$ / Erythrocytes, $10^{12}/\text{l}$	$8,1 \pm 0,50$	5,5-8,5
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	$137,4 \pm 8,7^*$	110-190
Гематокрит, % / Hematocrit, %	$40,4 \pm 3,6$	39-56

Окончание таблицы 3

1	2	3
Гранулоциты, % / Granulocytes, %	65,8±5,1	60-83
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	27,9±3,8	12-45
Моноциты, % / Monocytes, %	6,3±0,53	2-9
Средний объём эритроцита, фл / Average erythrocyte volume, fl	57,2±5,5	62-72
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг / Average amount of hemoglobin in an erythrocyte, pg	19,4±0,83*	20-25
Среднее количество гемоглобина в эритроците, г/л / Average amount of hemoglobin in an erythrocyte, g/l	342,0±19,2	300-380
Ширина распределения эритроцитов, % / Distribution width of erythrocytes, %	15,2±1,97	11-15,5
Тромбоциты, 10 ⁹ /л / Thrombocytes, 10 ⁹ /л	324±9,0	117-460
Средний объём тромбоцитов, фл / Average thrombocytes volume, fl	9,2±1,88	7-12,9
Тромбокрит, % / Thrombocrit, %	0,47±0,02	0,9-5,8

Степень достоверности * $p \leq 0,05$ по отношению к начальным показателям

У всех животных через месяц использования препарата отмечено достоверное ($p \leq 0,05$) увеличение гемоглобина – на 18,4 %, что положительно отразилось на его содержании в эритроцитах. Динамика возрастания данного эритроцитарного индекса составила 35,7 %, характеризую насыщенность эритроцита гемоглобином без учета объема последнего. В данном случае, наличие в составе силиостина легкодоступных форм микроэлементов позволило нивелировать признаки железодефицитной анемии.

Биохимические показатели сыворотки крови собак выявили существенное снижение концентрации общего белка (до 23,4 %) в сравнении с фоновыми показателями. Силиостин, благодаря растительным и минеральным компонентам, способствовал уменьшению воспаления и снижению продукции воспалительных молекул (IL-2, IL-6, IL-8, IFN- γ , TNF- α), одновременно увеличивая выработку коллагена [4].

Таблица 4 – Биохимические показатели сыворотки крови собак после терапии силиостином (n=5, M±m)

Table 4 – Biochemical parameters of blood serum of dogs after siliostin therapy (n=5, M±m)

Показатель / Indicator	Значения / Values	Границы референсных пределов / Reference limits
Белок общий, г/л / Total protein, g/l	77,1±6,8*	55-71
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	7,3±0,62	3,5-9,2
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,63±0,71	3,3-5,6
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	5,2±0,18	2,8-6,9
Аланинаминотрансфераза, Ед/л / Alanine aminotransferase, U/l	42,3±5,0	15-58
Аспаратаминотрансфераза, Ед/л / Aspartate aminotransferase, U/l	33,1±2,7	16-43
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	291±13,1	10-100,7
Амилаза, Ед/л / Amylase, U/l	1139,7±10,5	300-1500
Общий билирубин, мкмоль/л / Total bilirubin, μ mol/l	9,2±0,73	1,7-10,6
Прямой билирубин, мкмоль/л / Direct bilirubin, μ mol/l	2,2±0,16	0-2,5
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol/l	93,2±6,5	55-114
Хлориды, ммоль/л / Chlorides, mmol/l	103,7±5,8	107-126
Кальций общий, ммоль/л / Total calcium, mmol/l	2,5±0,11**	2,3-3,3
Фосфор неорганический, ммоль/л / Phosphorus inorganic, mmol/l	1,63±0,24	1,1-3

Степень достоверности * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ по отношению к начальным показателям

Выявлена тенденция к плавному динамическому снижению активности щелочной фосфатазы, что указывает на постепенное восстановление остеобластов поврежденной кости и нормализацию их функций. Различия с дотерапевтическими значениями данного показателя составили 17,3 %. При этом силиостин оказал достоверное ($p \leq 0,01$) влияние на концентрацию общего кальция в крови животных, уровень которого увеличился на 21,4 %.

Выводы. Таким образом, применение силиостина собакам с оскольчатыми и раздробленными переломами конечностей при замедленной консолидации оказывает стимулирующее действие на остеогенез, в частности активизирует остеобласты, синтез органического матрикса и процессы кальцификации. При его использовании наблюдается положительный кальциевый баланс с одновременным снижением воспалительных и катаболических процессов в мягких тканях, а также нормализация уровня костного фермента щелочной фосфатазы, концентрации которых в крови рассматривают как основные маркеры остеогенеза, что позволяет одновременно охарактеризовать процессы формирования и резорбции кости для диагностики патологических состояний костной ткани с последующей своевременной коррекцией нарушений костного метаболизма.

Проведенные исследования показывают, что силиостин можно рекомендовать в качестве терапевтического лекарственного средства в травматологии, особенно при тяжелых и хронически не заживающих травмах конечностей.

Библиографический список

1. Антонов Н. И. Осложнения при переломах суставной впадины тазовой кости у собак: причины, профилактика и устранение // Ветеринарная патология. 2018. № 2 (48). С. 16–24.
2. Антонов Н. И. Смещения отломков при переломах седалищной кости у собак // Ветеринарная патология. 2019. № 2 (68). С. 22–28.
3. Антонов Н. И. Чрескостный остеосинтез у собак при множественных травмах таза с переломами подвздошных костей // Ветеринария Кубани. 2016. № 6. С. 26–28.
4. Доманов Д. И., Камсаев К. М., Хакимова А. С. Результаты исследования распространенности костной патологии среди собак в условиях г. Астаны // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2017. № 4 (95). С. 68–72.
5. Дьячков А. Н., Горбач Е. Н., Мухтяев С. В. Экспериментально-морфологическое обоснование применения чрескостного компрессионного остеосинтеза для лечения переломов костей черепа // Успехи современного естествознания. 2015. № 9-3. С. 407–411.
6. Еманов А. А., Горбач Е. Н., Антонов Н. И. Особенности восстановления бедренной кости при диафизарных переломах в условиях чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза (экспериментальное исследование) // Ветеринария Кубани. 2015. № 6. С. 15–19.
7. Консолидация переломов костей собак и кошек / Д. А. Артемьев, С. В. Козлов, С. О. Лощинин, А. В. Егунова // Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 6 (118). С. 735–742.
8. Кутепов С. М., Гюльназарова С. В. К истории изучения и развития метода чрескостного остеосинтеза на Среднем Урале // Гений ортопедии. 2021. Т. 27. № 3. С. 307–312.
9. Морозова Д. Д., Валиуллина Д. Ф., Амиров Д. Р. Динамика показателей минеральной плотности костной ткани таза у собак // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2022. Т. 249. № 1. С. 125–129.
10. Öztürk Y., Özsoy S. Treatment of fractures and other orthopedic problems in cats and dogs using versatile external fixator // Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science. 2021. V. 58. e182908.
11. Vedrine B. Comminuted fracture of the ulnar carpal bone in a Labrador retriever dog // The Canadian Veterinary Journal – La Revue Veterinaire Canadienne. 2013. V. 54 (11). P. 1067–1070.

Информация об авторах:

Семененко Марина Петровна, заведующий 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.

Винокурова Диана Петровна, доцент кафедры анатомии, ветеринарного акушерства и хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, г. Краснодар ул. Калинина, 13), кандидат ветеринарных наук.

ORCID: 0000-0003-4268-8854; E-mail: diana_vp@mail.ru

Сампиев Абдулмуталип Магаметович, ведущий 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 фармацевтических наук.

ORCID 0000-0002-5100-2239; E-mail: sampiev_abdul@mail.ru.

Семененко Ксения Андреевна, старший научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1); кандидат экономических наук,

ORCID: 0000-0002-9407-0768; E-mail: ksenia.semenenko@gmail.com.

Кузьмина 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.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-30

IMPROVEMENT OF STURGEON BREEDS

V. V. Shkalenko, S. I. Nikolaev, I. Y. Danilenko, E. V. Ulanov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 29.09.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. The article presents the material of scientific and economic experience on the improvement of sturgeon fish. Russian Russian sturgeon, hybrid of Russian sturgeon with Lena and hybrid of Russian sturgeon with sterlet were studied to study the effect of hybridization of sturgeon on their productivity, increase of commercial and reproductive qualities of sturgeon fish. **An object.** Russian Russian sturgeon, hybrid of Russian sturgeon with Lena and hybrid of Russian sturgeon with sterlet were the objects of research. **Materials and methods.** The complex of these studies was carried out in the conditions of the Scientific Research Center "Breeding of valuable sturgeon breeds" of the Volgograd State Agrarian University in the period from 2017 to 2021. The experiment involved clinically healthy fish in the conditions of a closed water supply installation. **Results and conclusions.** For aquaculture programs, interspecific hybrid fish were bred with the aim of increasing growth rates, transferring desirable traits between species, combining desirable traits of two species into a single group of fish, reducing unwanted reproduction through fish production, increasing fishing capacity, increasing environmental tolerance and increasing overall hardiness in the conditions of cultivation. The results of interspecific hybridization can be variable and depend on the genetic structure (including sex) of the parent fish. Russian Russian sturgeon and its hybrid forms were found to have the best indicators in the course of the study, which included the rearing of experimental fish, assessment of the survival and physiological status of the Russian sturgeon and its hybrid forms at different ages.

Keywords: *Russian sturgeon, sturgeon breeding, Russian sturgeon productivity, sturgeon breeding.*

Citation. Shkalenko V. V., Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Ulanov E. V. Improvement of sturgeon breeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 252-257 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-30.

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 639.371.2.032

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОРОД ОСЕТРОВЫХ РЫБ

В. В. Шкаленко, доктор биологических наук
С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук
И. Ю. Даниленко, кандидат сельскохозяйственных наук
Е. В. Уланов, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 29.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. В статье представлен материал проведения научно-хозяйственного опыта по совершенствованию осетровых рыб. С целью изучения влияния гибридизации осетров на их продуктивность, повышения товарных и воспроизводительных качеств осетровых рыб были изучены сравнительные характеристики русского осетра, гибрида русского осетра с ленским и гибрида русского осетра со стерлядью. **Объект.** Объектами исследования являлись русский осетр, гибрид русского осетра с ленским и гибрид русского осетра со стерлядью. **Материалы и методы.** Комплекс настоящих исследований был проведен в условиях научно-исследовательского центра «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ в период с 2017 по 2021 год. В опыте принимала участие клинически здоровая рыба в условиях УЗВ. **Результаты и выводы.** Для программ аквакультуры были выведены межспецифические гибридные рыбы с целью увеличения темпов роста, передачи желательных признаков между видами, объединения желательных признаков двух видов в единую группу рыб, уменьшения нежелательного размножения за счет производства рыб, повышения промысловой способности, повышения толерантности к окружающей среде и повышения общей выносливости в условиях культивирования. Результаты межспецифической гибридизации могут быть переменными и зависеть от генетической структуры (включая пол) родительской рыбы. В процессе исследования, которое включало в себя выращивание подопытных рыб, оценку выживаемости и физиологического статуса русского осетра и его гибридных форм в разном возрасте, установлено, что лучшие показатели имели особи гибрида русского осетра с ленским.

Ключевые слова: *русский осетр, разведение осетров, продуктивность русского осетра, осетроводство.*

Цитирование. Шкаленко В. В., Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Уланов Е. В. Совершенствование пород осетровых рыб. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 252-257. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-30.

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. Аквакультура в настоящее время является самой быстрорастущей пищевой промышленностью. В 2020 году мировой объем производства в этом секторе составил 87,5 млн тонн водных животных и 35,1 млн тонн морских водорослей и других водорослей, затмив цифры с 1990 года, которые дали только 17 миллионов тонн продуктов аквакультуры. Такое быстрое расширение стало возможным благодаря многочисленным технологическим усовершенствованиям, включая различные достижения в области разведения.

Как и все другие отрасли интенсивного животноводства, аквакультура сильно зависит от правильного использования генетического потенциала осетровых рыб для поддержания производства.

Основным способом сохранения популяции осетровых видов является искусственное разведение в инкубаториях с последующим получением товарной продукции [1, 5, 6, 12].

Репродуктивная способность организма является основным фактором, определяющим устойчивость популяции. До сих пор использовались многочисленные репродуктивные стратегии, чтобы успешно разводить рыбу в неволе, но желаемая производительность еще не достигнута [3, 4, 7]. Известно, что все виды осетровых при скрещивании (как межвидовые, так и межродовые скрещивания) позволяют производить жизнеспособное потомство, после чего разведение различных гибридов сибирского осетра имеет практическое значение для промыслового или икорного осетроводства в различных климатических и технологических условиях [2, 8].

Материалы и методы. Комплекс настоящих исследований поставлен на базе лаборатории «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ в период с 2017 по 2021 год. С целью совершенствования товарных и воспроизводительных качеств осетровых рыб были изучены сравнительные характеристики русского осетра, гибрида русского осетра с ленским и гибрида русского осетра со стерлядью.

В опыте принимала участие клинически здоровая рыба в условиях УЗВ.

Результаты и обсуждение. Нами в период проведения исследований были изучены инкубационные показатели икры, полученной от зрелых самок русского осетра, гибрида русского осетра с ленским и гибрида русского осетра со стерлядью путем сдвигания (рисунок 1).

Продолжительность эмбриогенеза у русского осетра составила 203 часа, у гибрида русского осетра с ленским – 98 часов, гибрида русского осетра со стерлядью – 191 час.

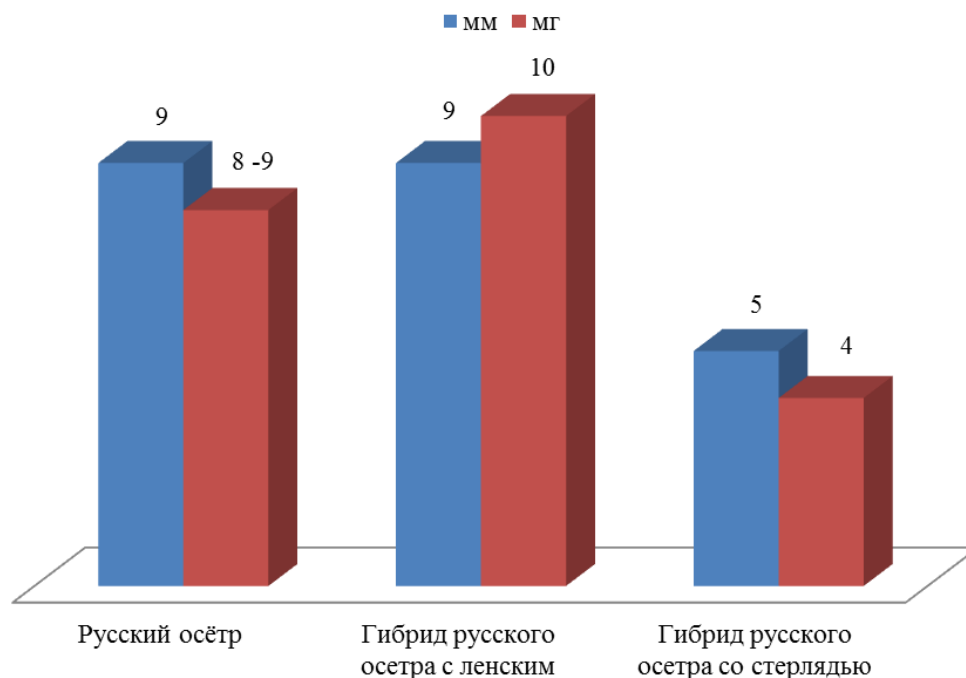


Рисунок 1 – Линейно-массовые показатели предличинок гибридных форм осетровых рыб

Figure 1 – Linear mass indices of pre-larvae of hybrid forms of sturgeon fish

Так, выход предличинок по линейно-массовому показателю в группе, где содержался русский осетр, составил 9 (8-9) мм/мг, гибрид русского осетра с ленским – 9 (10) мм/мг, гибрид русского осетра со стерлядью – 5 (4) мм/мг.

Аквакультура была самой быстрорастущей областью мирового производства продуктов питания и становится жизненно важным компонентом глобальной экономики, позволяющим прокормить растущее население планеты. Следовательно, для сохранения нынешнего уровня потребления на душу населения объем производства аквакультуры в целом должен достичь к 2050 году восьмидесяти миллионов тонн [10].

Однако некоторые виды осетровых рыб, обитающие в неволе, сталкиваются с осложнениями, связанными с несинхронизированной овуляцией, не проходят окончательное созревание яйцеклеток и больше не мечут икру из-за недостатка лютеинизирующего гормона (ЛГ). Поэтому для увеличения производства культивируемой рыбы важно применять искусственное разведение в практике аквакультуры [9, 11].

Физиологические показатели отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Физиологические показатели сеголеток русского осетра и его гибридов

Table 1 – Physiological parameters of Russian sturgeon underyearlings and its hybrids

Показатель	Сеголетки «русский осетр»			Сеголетки «гибрид русского осетра с ленским»			Сеголетки «гибрид русского осетра со стерлядью»		
	M±m	σ	CV, %	M±m	σ	CV, %	M±m	σ	CV, %
Вес особей, г	70,8±1,9	18,1	25,6	110,6±3,5	18,9	17,1	73,7±3,0	21,8	29,6
Гемоглобин, г/л	52,3±1,9	8,9	17,1	68,25±3,1	12,0	17,6	63,28±1,6	11,39	18,0
Общий белок, г/л	29,4±1,1	4,35	14,8	32,15±1,5	3,7	11,6	30,18±0,9	4,62	15,3
Общие липиды, г/л	2,85±0,2	0,84	24,4	2,96±0,5	0,42	14,2	3,33±0,2	0,73	21,9
СОЭ, мм/час	2,30±0,4	0,75	32,8	2,92±0,3	1,01	34,6	1,98±0,3	0,60	30,2

Из данных таблицы видно, что лучшие показатели имели особи сеголеток русского осетра с ленским.

Далее нами были изучены физиологические показатели данной рыбы.

При определении упитанности по Фультону было установлено, что сеголетки русского осетра по данному показателю имели значение 0,44, годовики – 0,51, а в возрасте 1+ - 0,54.

В ходе проведения опыта были изучены физиологические показатели гибрида русского осетра со стерлядью на разных этапах выращивания (таблица 2).

Таблица 2 – Физиологические показатели русского осетра и гибридных форм
(возраст 2+ года)

Table 2 – Physiological parameters of Russian sturgeon and hybrid forms (age 2+ years)

Показатель	Сеголетки «русский осетр»			Сеголетки «гибрид русского осетра с ленским»			Сеголетки «гибрид русского осетра со стерлядью»		
	M±m	σ	CV, %	M±m	σ	CV, %	M±m	σ	CV, %
Вес особей, кг	1,4±0,06	0,20	14,2	1,4±0,02	0,23	16,4	1,33±0,04	0,17	12,8
Гемоглобин, г/л	52,7±3,7	11,2	21,2	55,2±2,2	12,9	23,4	68,2±2,5	15,0	22,0
Общий белок, г/л	36,1±0,96	3,3	9,1	33,3±0,6	5,4	16,2	34,2±0,7	5,06	14,8
Общие липиды, г/л	3,1±0,2	0,2	6,4	3,7±0,2	0,4	13,5	3,1±0,1	0,3	9,6
СОЭ, мм/час	2,9±0,3	1,0	34,5	2,4±0,3	0,8	33,3	3,3±0,2	1,1	33,3

Живая масса русского осетра и гибрида стерляди с русским осетром составила 1,4 кг, а вот гибрид русского осетра с ленским осетром немного уступал по живой массе и составил 1,33 кг, что ниже, чем у его сверстников на 5 %.

Для того чтобы оценить физиологическое состояние гибридных форм русского осетра с ленским, проводились исследования по некоторым показателям их крови. Результаты, полученные по изучаемым показателям, находились в пределах нормы. По одному из исследуемых показателей «Скорость оседания эритроцитов» можно судить об отсутствии видимой патологии у данных видов рыб.

Выводы. Был проведён комплекс исследований, который включал в себя выращивание подопытных рыб, оценку выживаемости и физиологического статуса русского осетра и его гибридных форм в разном возрасте. Исследованиями установлено, что лучшие показатели имели особи гибрида русского осетра с ленским.

Библиографический список

1. Алымов Ю. В. Морфофизиологическая оценка молоди русского осетра, выращенной на различных видах комбинированных кормов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2013. № 7. С. 51-59.
2. Астафьева С. С., Лозовский А. Р. Функциональное состояние организма гибрида русский осетр × сибирский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii* × *Acipenser baerii*) после зимовки в садках в дельте Волги // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021. № 3 (182). С. 60-69.
3. Байболатович И. К. Современное состояние и перспективы искусственного разведения редких, исчезающих видов рыб для сохранения биоразнообразия и восстановления численности в природных водоемах Иле-Балхашского бассейна // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. №. 3. С. 17-30.
4. Опыт выращивания сеголеток гибрида "русский осетр × севрюга" в рыбоводном хозяйстве Юга Казахстана / Е. В. Федоров, Д. К. Жаркенов, С. Ж. Асылбекова, К. Б. Исбеков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 4. С. 50-59.
5. Павлюк А. А., Горбенко Е. В. Влияние условий выращивания в прудах на жизнестойкость выпускаемой молоди проходных осетровых видов рыб // Вопросы рыболовства. 2018. Т. 19. № 4. С. 445-450.
6. Пономарев С. В., Гамыгин Е. А., Никоноров С. И. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры Юга России. Астрахань: Нова плюс, 2022. С. 122-136.
7. Скларов В. Я. Научное обеспечение, резервы развития аквакультуры юга России // Рыбное хозяйство. 2015. № 5. С. 55-60.
8. Сугралиева А. С., Дулина А. С. Оценка качества молоди гибридов "ленский осетр × русский осетр" и "бестер", выращиваемых в установке замкнутого водоснабжения // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2022. Т. 16. № 6 (197). С. 415-425.
9. Ahmadian A., Bouyeh M., Seidavi A. R. A review of the effects of niacin on broiler productivity // World's Poultry Science Journal. 2021. V. 77. №. 3. P. 589-604.
10. Ahmed N., Thompson S., Turchini G. M. Organic aquaculture productivity, environmental sustainability, and food security: insights from organic agriculture // Food Security. 2020. – V. 12. №. 6. P. 1253-1267.
11. Amran A. A., Mohamad F. A review of types of feeds used in polychaete culture // Songklanakarin Journal of Science & Technology. 2022. V. 44. № 1.
12. Feeding and nutrients requirement of Sultan fish, *Leptobarbus hoevenii*: A review / H. L. Au [et al.] // Int. J. of Aquatic Science. 2020. V. 11. № 1. P. 3-28.

Информация об авторах

Шкаленко Вера Владимировна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор биологических наук, e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694> e-mail: nikolaev-volgau@yandex.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, старший преподаватель 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

Уланов Евгений Викторович, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: evgeniy.ulanov.1995@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-31

EXPERIENCE OF USING A PROTEOLYTIC ADDITIVE IN FEEDING BROILER CHICKENS

I. A. Koschaev, A. A., Ryadinskaya, K. V. Lavrinenko

Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Maysky village

Received 11.09.2022

Submitted 10.11.2022

The work is supported by the grant of the President of the Russian Federation for young scientists-candidates of sciences MK-2474.2022.5

Summary

The article presents the results of the application of a proteolytic enzyme - protease - in broiler poultry farming. The results of the studies have shown that the introduction of the enzyme in the recommended dosage in the diets of poultry meat contributes to an increase in productive indicators, such as live weight and feed conversion.

Abstract

Introduction. Poultry farming is a dynamically developing branch of agriculture from year to year. Most countries of the world rely on poultry enterprises, primarily because of the speed of production, quantity and quality of the resulting product. Supplying the country with high-quality dietary meat is the primary task of the state, in which poultry enterprises actively participate. Broiler chickens are the most promising poultry for growing at poultry enterprises both in Russia and in the world. Due to strict compliance with zootechnical and veterinary standards for the cultivation of this bird, it is possible to obtain a large amount of meat in record time, which is why the number of broiler farming enterprises is increasing every year. To improve production performance, industrial enterprises include antimicrobials, probiotic feed additives, acidifiers, salts of organic acids, as well as enzyme feed additives in feed. Enzymes (enzymes) are complex protein compounds that accelerate chemical reactions in living systems, for us, enzyme feed additives not only accelerate, but increase the digestibility of nutrients. All enzymes are specific to the chemical bonds of a certain group of substrates. **An object.** The object of research was broiler chickens of the Cobb-500 cross. **Materials and methods.** In our experiment, we tested the effectiveness of including a proteolytic enzyme (protease) in the diets at a dosage of 250 g/t. The experiment was carried out in the conditions of the scientific and production laboratory of poultry farming of the UNIC "Agrotechnopark" of the Belgorod State Agrarian University. **Results and conclusions.** This enzyme has shown its effectiveness when monoincluding in mixed poultry feed. So at the end of the experimental period, the live weight of broiler chickens of the control group was less than the weight of broiler chickens of the experimental group by 95.3g or 3.9%. Feed costs per 1 kg of live weight gain in broiler chickens of the experimental groups amounted to 1.77, which is 0.06 kg less than the control.

Keywords: *broiler chickens, enzymes, protease, productivity, live weight, conversion.*

Citation. Koschaev I. A., Ryadinskaya A. A., Lavrinenko K. V. Experience of using a proteolytic additive in feeding broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 257-264 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-31.

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 636.087.7:636.5.033

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВКИ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

И. А. Кошаев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
А. А. Рядинская, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
К. В. Лавриненко, преподаватель

*ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина,
п. Майский*

Дата поступления в редакцию 00.00.2022

Дата принятия к печати 00.00.2022

***Работа выполняется при поддержке гранта Президента РФ
для молодых ученых-кандидатов наук МК-2474.2022.5***

Актуальность. Птицеводство – динамично развивающаяся отрасль сельского хозяйства. Большинство стран мира делает ставку на птицеводческие предприятия, в первую очередь из-за скорости производства, количества и качества получаемого продукта. Снабжение страны качественным диетическим мясом – первостепенная задача государства, в решении которой активно участвуют птицеводческие предприятия. Цыплята-бройлеры являются наиболее перспективной птицей для выращивания на птицеводческих предприятиях как в России, так и в мире. Благодаря строгому соблюдению зоотехнических и ветеринарных норм выращивания этой птицы можно получить большое количество мяса в рекордно малые сроки, именно поэтому количество предприятий по выращиванию бройлеров увеличивается с каждым годом. Для повышения производственных показателей промышленные предприятия включают в корма противомикробные препараты, пробиотические кормовые добавки, подкислители, соли органических кислот, а также ферментные кормовые добавки. Ферменты (энзимы) – это сложные белковые соединения, которые ускоряют химические реакции в живых системах, для нас ферментные кормовые добавки не только ускоряют, а повышают усвояемость питательных веществ. Все энзимы специфичны к химическим связям определенной группы субстратов. **Объект.** Объектом исследований послужили цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500». **Материалы и методы.** В нашем эксперименте мы проверяли эффективность включения в рационы фермента протеолитического действия (протеазы) в дозировке 250 г/т. Опыт проводился в условиях научно-производственной лаборатории птицеводства УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ. **Результаты и выводы.** Данный фермент показал эффективность при моновключении в комбикорма мясной птицы. Так, на конец опытного периода живая масса цыплят-бройлеров контрольной группы была меньше массы цыплят-бройлеров опытной группы на 95,3 г или 3,9 %. Затраты корма на 1 кг прироста живой массы у цыплят-бройлеров опытных групп составили 1,77, что на 0,06 кг меньше контроля.

Ключевые слова: *цыплята-бройлеры, рационы цыплят-бройлеров, живая масса цыплят, протеолитическое действие кормовых добавок.*

Цитирование. Кошаев И. А., Рядинская А. А., Лавриненко К. В. Опыт использования добавки протеолитического действия в кормлении цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 257-264. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-31.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выращиванием цыплят-бройлеров занимаются как крупные агропромышленные предприятия, так и фермеры в личных хозяйствах. На сегодняшний день, существует два приоритетных способа выращивания бройлерной птицы – содержание

бройлера в клетках и напольное содержание. Безусловно, каждый из способов адаптирован под разные условия производств и, как следствие, имеет ряд достоинств и недостатков. Однако большинство промышленных предприятий применяет напольное содержания птицы благодаря удобству и естественности такого способа содержания. В таком случае птица всегда имеет постоянный доступ к воде и пище, свободу передвижения внутри птичника, что положительно влияет на здоровье птицы и, как следствие, на вкусовые качества птицы. Главное при таком методе выращивания – не допускать высокой скученности поголовья, соблюдать зоотехнические нормы и проводить ветеринарно-санитарную обработку птичника, а также следить за здоровьем птицы.

Что самое важное при производстве мяса птицы? Сохранность и продуктивность поголовья. Чтобы предотвратить падеж и сохранить показатели продуктивности птицы, на птицеводческом предприятии чаще всего применяют антибиотики. На сегодняшний день вводится все больше норм по сокращению использования антибиотиков в рационах птицы в связи с глобальной проблемой современности – антибиотикорезистентностью. Все эти меры применяются в связи с возможностью попадания антимикробных препаратов в пищевые продукты. Это чревато появлением антибиотико-резистентных свойств у патогенных микроорганизмов и более сложным протеканием болезней, вызываемых патогенной микрофлорой [7].

Отказ от компонента рациона с антибиотиками – нерешенный вопрос современной агропромышленной отрасли. Птицеводческие предприятия постоянно находятся в поисках безопасной альтернативы противомикробным препаратам. Как оказалось, возможных заменителей антибиотиков довольно много, но все они отличаются разной степенью эффективности. Наиболее перспективный вариант препарата для решения данной проблемы – пробиотики.

Ферментные препараты имеют целый комплекс положительных воздействий на организм птицы: улучшают здоровье птицы, повышают показатели продуктивности, улучшают переваримость веществ [1, 15].

Мировая тенденция развития мясного птицеводства стремится к увеличению объема продукции и улучшению ее качества. Птицеводство в России, так же, как и в мире, стремительно развивается при поддержке государства. Государственные программы направлены на увлечение финансирования и изменение цели производств – получение большого количества качественной и экологически безопасной продукции. В результате этого поголовье птицы на российских предприятиях увеличилось, а условия ее содержания стали лучше. Объем производства напрямую зависит от спроса, а спрос на продукцию мясного птицеводства постоянно растет.

Производя большие объемы мяса птицы, не следует забывать о его качестве. На качество производимой продукции покупатель обращает внимание в первую очередь. Как повлиять на качество? Следить за технологией выращивания, использовать качественные корма [9, 16].

Мясо в питании современного человека занимает особую роль. Только из мяса мы можем получать полноценный белок и все необходимые нашему организму незаменимые аминокислоты. Мясо птицы к тому же насыщено фосфором (которого часто не хватает нашему организму), по его содержанию оно уступает только морепродуктам. Птицу любят из-за нежного вкуса, удобства приготовления и ее диетических свойств. Оптимальное соотношение белков и жиров в мясе птицы положительно сказывается на его питательных свойствах – это мясо хорошо насыщает, при этом оно почти полностью усваивается организмом [3].

Тенденции развития мясного птицеводства в России активно поддерживаются агропромышленным комплексом Белгородской области. Ставку на качество и биологическую безопасность делают крупнейшие птицеводческие предприятия области. Имен-

но поэтому вопрос ухода от использования антимикробных препаратов сегодня стоит особенно остро. Бройлерным производствам нашей области необходимы качественные полнорационные корма, которые будут сбалансированы по всем питательным веществам, которые в большинстве случаев производятся там же, в Белгородской области.

Одной из самых важных задач агропромышленного комплекса является производство высококачественной продукции. На это направлена интенсификация работы птицеводческих предприятий: улучшение продуктивных качеств птицы и экологически безопасное производство продукции [15].

Исследования ученых и производственников направлены на удовлетворение потребности населения в качественном полноценном белке. При этом немаловажны рациональное использование кормов, упрощение и оптимизация производства, и увеличение количества предприятий.

Применение различных кормовых добавок помогает оптимизировать рационы птицы и во многих случаях улучшить продуктивные качества птицы. Безусловно, при интенсификации и производства необходимо обращать внимание на кроссы птицы, условия содержания, параметры микроклимата, оснащенность производства, но все же питание птицы занимает одну из ключевых ролей. Даже при выращивании высокопродуктивных кроссов бройлеров необходимо уделить внимание балансу макро- и микроэлементов в рационе. Несбалансированность рациона может привести к нарушению обмена веществ, следствием чего является неправильное развитие птиц. Онтогенез птицы – сложный и многогранный процесс, требующий пристального внимания зоотехников и ветеринаров предприятия. Специально для упрощения этого предприятиями разрабатываются стандарты кормления и содержания птицы. Необходимость оптимизации технологий производства и применения эффективных биологически активных добавок в рационе птицы, очевидно, также упрощает процесс оптимизации производств.

Трудности в оптимизации производства возникают на всех этапах. Например, стремительный рост цен на корма вынуждает производителей удешевлять производство кормов, добавляя в корма компоненты, содержащие большое количество клетчатки, тем самым кормление птицы ухудшается. Здесь на помощь снова приходят ферментные препараты. Эти препараты способны повысить переваримость питательных веществ в организме птицы.

Тем не менее до сих пор препараты протеолитического спектра действия незаслуженно не востребованы в России. Но потенциал применения данных препаратов в рационах цыплят-бройлеров огромен. Таким образом, целью исследования стало изучение эффективности применения добавки протеолитического действия в рационах цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Основной метод исследования добавок протеолитического действия – научно-хозяйственный опыт, который был проведен в условиях УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского аграрного университета. В целях проведения эксперимента фермент «протеаза» был добавлен в рационы цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500».

В ходе эксперимента было сформировано две группы цыплят суточного возраста (опытная и контрольная) по 65 голов в каждой. При формировании групп использовался метод аналогов. Параметры микроклимата, плотность посадки, фронт кормления и поения были аналогичными для всех групп птицы и соответствовали нормативным показателям.

Цыплята содержались в специально отгороженных секциях, напольно на глубокой подстилке. Птица и контрольной, и опытной групп получала корма марки Старт, Рост, Финиш согласно периоду выращивания.

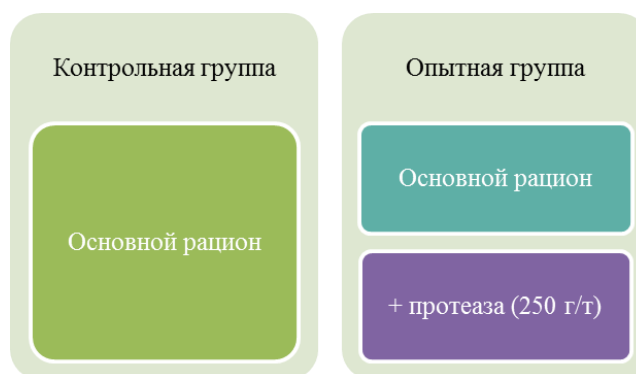


Рисунок 1 – Схема опыта / Figure 1 – Experience diagram

Схема опыта заключалась во введении цыплятам опытной группы в дополнение к основному рациона фермента протеазы на весь период выращивания (рисунок 1).

Результаты и обсуждение. Динамика выращивания цыплят-бройлеров в условиях современных предприятий основывается на двух показателях: среднесуточные затраты корма на получения 1 кг прироста, прирост живой массы.

Первая неделя жизни цыпленка – самый сложный этап онтогенеза. В этот период цыплята плохо приспособлены к условиям окружающей среды, вследствие чего их организм сильнее подвержен стрессу.

Один из фундаментальных показателей бройлерных производств является поедаемость кормов, ведь именно она особенно влияет на рост и развитие организма.

Данные научно-хозяйственного эксперимента в УНИЦ «Агротехнопарк» о поедаемости и затратах корма на 1 кг прироста живой массы подопытных цыплят-бройлеров за время выращивания представлены на рисунке 2.

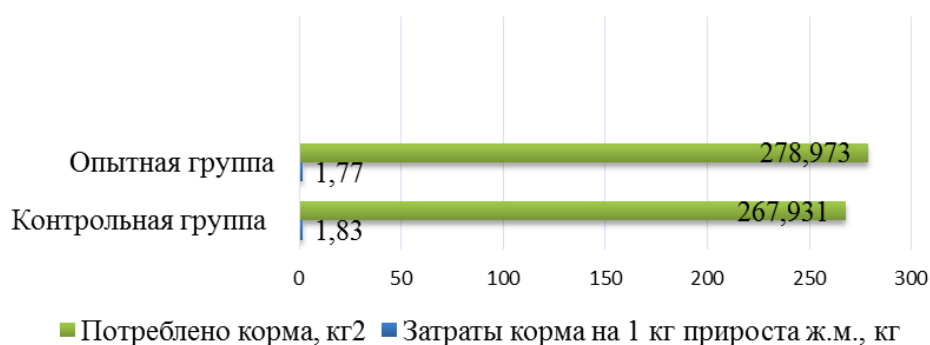


Рисунок 2 – Поедаемость и затраты корма на 1 кг прироста живой массы цыплят-бройлеров за опытный период

Figure 2 – Feed consumption and feed costs per 1 kg of live weight gain of broiler chickens during the experimental period

Из рисунка 2 видно, что за период выращивания, поедаемость комбикормов в опытной группе была выше на 11,04 кг. Однако затраты корма на 1 кг прироста живой массы у цыплят-бройлеров опытных групп составили 1,77, что на 0,06 кг меньше.

Еще один не менее важный зоотехнический показатель учета мясной продуктивности – живая масса. Живая масса птицы отражает рост и развитие цыплят-бройлеров в зависимости от факторов выращивания.

Определение живой массы по возрастным периодам, а также по среднесуточным приростам дает возможность оценить эффективность выращивания цыплят-бройлеров.

На протяжении всего научно-хозяйственного опыта проводилось индивидуальное взвешивание цыплят-бройлеров каждой группы (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Динамика живой массы птицы в различные возрастные периоды, г

Table 1 – Dynamics of live weight of poultry in different age periods, g

Сутки	Группа опыта	
	Контрольная группа, без изменения рациона	Опытная группа, с добавлением протеазы в рацион
1 сутки	41,4±0,45	40,2±0,44
14 сутки	456,3±6,70	463,8±7,88
28 сутки	1468,6±33,41	1500,9±34,83
40 сутки	2441,9±49,74	2537,2±50,15

На основе данных таблицы 3 можно сделать вывод, что живая масса цыплят-бройлеров в суточном возрасте была аналогичной.

В возрасте четырнадцать дней особи опытной группы превышали показатели контрольной группы соответственно на 7,5 г (1,64 %). Данная закономерность наблюдается и на двадцать восьмые сутки. Бройлеры опытной группы превосходили контрольную группу соответственно на 32,3 г (2,22 %). Живая масса цыплят-бройлеров контрольной группы оценивалась в возрасте 40 дней была меньше массы цыплят-бройлеров опытной группы на 95,3 г или 3,9 %.

Обратим внимание, что введение протеазы в рационы цыплят в дозировке 250 г на 1 тонну комбикорма оказало положительное влияние во все периоды выращивания.

Данные по изменению среднесуточного прироста живой массы подопытных цыплят-бройлеров представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика среднесуточного прироста подопытных цыплят-бройлеров, г

Table 2 – Dynamics of the average daily growth of experimental broiler chickens, g

Возрастной период, дней	Группа	
	Контрольная группа, без изменения рациона	Опытная группа, с добавлением протеазы в рацион
1-14	26,966	27,535
14-28	64,332	67,411
28-40	54,965	62,284
1-40	146,263	157,230

В ходе проведения опыта установлено, что интенсивность роста цыплят-бройлеров была относительно высокой, о чём свидетельствуют данные среднесуточных приростов.

Изучение данных эксперимента выявило, что среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров опытной группы в возрасте 14-28 дней превышал аналогов контрольной группы соответственно на 3,08 г (4,79 %), в 28-40 дней – соответственно на 7,32 г (13,3 %).

За весь период опыта среднесуточный прирост цыплят-бройлеров опытной группы, которая дополнительно к основному рациону получала протеазу, составил 157,230 г, что больше показателя контрольной на 10,97 г (7,5 %).

Выводы. Анализируя опыт использования ферментов протеолитического действия в рационах цыплят-бройлеров, можно сделать вывод об эффективности данных препаратов и целесообразности их использования в мясном птицеводстве. В дальнейшем представляет интерес комплексного изучения биологического действия ферментов на онтогенез и продуктивные качества цыплят-бройлеров различных кроссов.

Библиографический список

1. Анатомио-гистологические параметры печени бройлеров при стрессе / С. В. Козлова, Е. П. Краснолобова, С. А. Веремеева, Н. А. Череменина // Вестник КрасГАУ. 2021. № 5 (170). С. 109-115.

2. Бутейкис Г., Блажинкас Д. Ферменты – гарантия ощутимой выгоды сегодня и в будущем // Комбикорма. 2012. С. 105-106.
3. Буяров А. В., Буяров В. С., Воронцова Е. В. Развитие мясного птицеводства России в современных экономических условиях // Вестник аграрной науки. 2022. № 2 (95). С. 99-112.
4. Буяров В. С., Меднова В. В., Буяров А. В. Производственно-экономические показатели выращивания цыплят-бройлеров различных кроссов // Научные разработки и инновации в решении приоритетных задач современной зоотехнии: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курск: Курская ГСХА им. И. И. Иванова, 2021. С. 226-231.
5. Влияние факторов кормления на рост и развитие молодняка мясных пород / Н. Н. Сорокина, Н. С. Трубочанинова, Н. Б. Ордина, К. В. Мезинова. Белгород: Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, 2019. 165 с.
6. Изучение корреляции между основными зоотехническими показателями и параметрами используемых в кормах пробиотических культур / И. А. Кощаев, К. В. Мезинова, Н. Н. Сорокина [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 4 (18). С. 123-130.
7. Котарев В. И., Корниенко С. А. Применение нетрадиционных добавок в кормлении цыплят-бройлеров // Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего: материалы XIX Международной конференции. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2018. С. 237-240.
8. Котарев В. И., Иванова Н. Н. Эффективность применения комплексной кормовой добавки для снижения воздействия токсинов в кормах для цыплят-бройлеров / В. И. Котарев, Н. Н. Иванова // Ветеринарный фармакологический вестник. 2021. № 2 (15). С. 99-106.
9. Кощаев И. А., Татьяничева О. Е., Бойко И. А. Качество мяса при выращивании цыплят-бройлеров на современных рационах // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 47-50.
10. Луцук С. Н., Дьяченко Ю. В. Показатели мяса цыплят-бройлеров при введении в рацион кормовых добавок из личинок трутней пчел кутикулы мышечного желудка птиц // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9 (174). С. 114-119.
11. Сергеев А. В., Корниенко П. П. Использование биологически активных добавок в птицеводстве // Молодёжный аграрный форум - 2018: материалы международной студенческой научной конференции. Белгород: Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, 2018. С. 201.
12. Фролова О. А., Донкова Н. В. Динамика уровня ооцит при вакцинации цыплят-бройлеров против эймериоза // Вестник КрасГАУ. 2021. № 6 (171). С. 136-139.
13. Шацких Е. В., Молоканова О. В. Опыт применения протеаз в кормлении мясной птицы // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий. Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2021. С. 236-238.
14. Identification of cases of pododermatitis in broiler chickens when feeding a probiotic feed additive / I. Koshchaev, K. Mezinova, A. Ryadinskaya [et al.] // E3S Web of Conferences: 8. Rostovon-Don, 2020. P. 06023.
15. Olukosi O., Cowieson A., Adeola O. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers // Poult Sci. 2007. No 86 (1). P. 77–86.
16. Performance and nutrient utilization of broilers fed diets supplemented with a novel mono-component protease / D. Freitas, S. Vieira, C. Angel, A. Favero, A. Maiorka // J Appl Poult Res. 2011. No 20 (3). P. 322–34.
17. Various sources of methionine in broiler chicken rations / I. Koshchaev, K. Mezinova, A. Ryadinskaya [et al.] // E3S Web of Conferences: 8. Rostovon-Don, 2020. P. 06009.

Информация об авторах

Кощаев Иван Александрович, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (952) 422-80-15, e-mail: koshchaev@yandex.ru

Рядинская Антонина Александровна, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (903)-886-50-35, e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

Лавриненко Кристина Витальевна, преподаватель кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), тел. 8 (951) 135-92-69, e-mail: k.mezinova@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-32

HENS ROLE IN THE TEMPERATURE REGIME OF BIRD EGGS DURING NATURAL INCUBATION

A. N. Sudakov¹, N. I. Skuratov¹, E. A. Andrianov², A. A. Andrianov²

¹*Moscow Zoo, Moscow*

²*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh*

Received 29.09.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

The article presents the results of an experiment on the study of the behavioral reactions of the hens on the nest with an increase in the temperature of the eggs. The absence of attempts to cool the masonry at elevated temperatures was noted. At high egg temperatures, hens show aggression towards eggs and nest material. The study indirectly confirms the hypothesis of the existence of own thermoregulatory functions of eggs and embryos in the presence of warm and cold zones in the egg.

Abstract

Introduction. The temperature parameters of the natural incubation of bird eggs are the basis for the development of temperature regimes for artificial incubation. Until now, there is no consensus on the effect of zonal heating of eggs during natural incubation, due to the contact of the body of the brood hen with the egg, on the embryogenesis of birds. At the same time, the quality of chicken with natural incubation is higher than with artificial incubation. **An object.** The object of research is the behavioral reactions of chickens to changes in the temperature of eggs in the clutch. **Materials and methods.** We analyzed literature sources and materials of our own early research. The experimental part of the study is represented by an experiment in which a group of incubating hens were placed with dummies of eggs of their own design, equipped with heating elements and thermostats. The temperature of the dummies and the behavioral reactions of the hens to changes in the temperature of the dummies were controlled. The study was conducted at the Moscow Zoo and at the Department of Technological Equipment, Processes of Processing Industries, Agricultural Mechanization and Life Safety of the Voronezh State Agrarian University. Emperor Peter I". **Results and conclusions.** An analysis of literary sources and materials of our own research made it possible to establish that the ability of the hen to thermoregulate eggs during natural incubation is limited by a change in incubation density. The experimental part of the study using dummies of eggs equipped with heating elements demonstrated the absence of behavioral reactions of brood hens aimed at cooling the clutches when their temperature rises to values close to 50°C and is incompatible with the development of embryos. Behavioral responses to an increase in the temperature of the eggs in the clutch appeared when the dummies reached a temperature of 70°C and were expressed in manifestations of aggression (blows with the beak) towards the dummies and nest litter material. The results of the study are an addition to modern studies demonstrating the dominant role of the own mechanisms of thermoregulation of eggs and embryos, the functioning of which is possible in the presence of cold and warm zones of the egg, characteristic of natural incubation.

Key words: *natural incubation, temperature regime, zonal heating.*

Citation. Sudakov A. N., Skuratov N. I., Andrianov E. A., Andrianov A. A. Hens role in the temperature regime of bird eggs during natural incubation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 264-269 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-32.

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

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

УДК 636.018:636.5

РОЛЬ НАСЕДКИ В ФОРМИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЯИЦ ПТИЦ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ИНКУБАЦИИ

А. Н. Судаков¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Н. И. Скуратов¹,

Е. А. Андрианов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. А. Андрианов², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ГАУ «Московский зоопарк», г. Москва

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I», г. Воронеж

Дата поступления в редакцию 29.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Температурные параметры естественной инкубации яиц птиц являются основой при разработке температурных режимов искусственной инкубации. До настоящего времени нет единого мнения по вопросу влияния зонального нагрева яиц при естественной инкубации, обусловленного контактом тела наседки с яйцом, на эмбриогенез птиц. Вместе с тем, качество молодняка при естественной инкубации выше, чем при искусственной. **Объект.** Объектом исследований являются поведенческие реакции кур на изменения температуры яиц в кладке. **Материалы и методы.** Осуществляли анализ литературных источников и материалов собственных ранних исследований. Экспериментальная часть исследования представлена опытом, в ходе которого группе насиживающих кур подкладывали муляжи яиц собственной разработки, снабженные нагревательными элементами и терморегуляторами. Контролировали температуру муляжей и поведенческие реакции наседок на изменение температуры муляжей. Исследование проводилось в Московском зоопарке и на кафедре технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I». **Результаты и выводы.** Анализ литературных источников и материалов собственных исследований позволил установить, что возможности наседки по терморегуляции яиц в процессе естественной инкубации ограничиваются изменением плотности насиживания. Экспериментальная часть исследования с использованием муляжей яиц, снабженных нагревательными элементами, продемонстрировала отсутствие поведенческих реакций наседок, направленных на охлаждение кладок при повышении их температуры до значений близких к 50 °С и несовместимых с развитием эмбрионов. Поведенческие реакции на повышение температуры яиц в кладке появлялись при достижении муляжами температуры 70 °С и выражались в проявлениях агрессии (удары клювом) к муляжам и материалу подстилки гнезда. Результаты исследования являются дополнением к современным исследованиям, демонстрирующим главенствующую роль собственных механизмов терморегуляции яиц и эмбрионов, функционирование которых возможно при наличии холодных и теплых зон яйца, характерных для естественной инкубации.

Ключевые слова: естественная инкубация, температурный режим, зональный нагрев, яйца птиц, птицеводство.

Цитирование. Судаков А. Н., Скуратов Н. И., Андрианов Е. А., Андрианов А. А. Роль наседки в формировании температурного режима яиц птиц при естественной инкубации. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 264-269. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-32.

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. Изучение параметров естественной инкубации и поведенческих особенностей птиц в период гнездования является важным компонентом исследований, направленных на совершенствование технологий инкубации искусственной. Одним из

белых пятен в знаниях об эмбриональном развитии птиц продолжает оставаться роль зонального нагрева яиц в процессе естественной инкубации, а также обусловленный зональным нагревом термоградиент содержимого яйца.

Следует отметить, что предположения о влиянии зонального нагрева и термоградиента в яйце птиц на эмбриональное развитие были сделаны советскими учеными в середине 20-го века, установившими наличие определенных терморегуляторных функций эмбриона птиц в яйце на ранних сроках эмбриогенеза. В работе Б. Г. Петрова рассмотрен механизм перемещения желтка в вертикальной плоскости при изменении температуры [2]. В. В. Рольник предполагала эволюционно сформированную потребность эмбриона в зональном нагреве [3].

Современные зарубежные исследователи подтверждают положительное влияние зонального нагрева на показатели качества молодняка птиц [11].

Вместе с тем, по ряду объективных причин, связанных как с экономическими соображениями, так и пробелами в понимании роли зонального нагрева яиц, инкубаторы, имитирующие зональный нагрев яиц под наседкой, распространения не получили. На настоящее время единственным представленным на рынке контактным инкубатором является Brinsea Contact, однако отсутствие достоверных сведений о результатах инкубации с его использованием, а также стоимость, составляющая около 700 тысяч рублей, при вместимости в 42 куриных яйца, препятствует его широкому распространению [12]. Абсолютное большинство существующих как промышленных, так и лабораторных инкубаторов являются инкубаторами воздушного нагрева, обеспечивают равномерный нагрев яиц со всех сторон и не создают условий для проявления возможностей эмбриона к терморегуляции [1].

Важным шагом к установлению роли зонального нагрева яиц в развитии эмбрионов птиц стали выявленные в последние годы зарубежными учеными механизмы терморегуляции в яйце птиц на поздних стадиях эмбриогенеза. В работах В. Г. Ду установлено влияние двигательной активности эмбриона на его температурный режим [6, 8]. В исследовании К. А. Холл отмечено изменение положения сосудов аллантаоиса при изменении температуры [10].

Выявление развитых механизмов терморегуляции эмбриона птиц на всех стадиях эмбриогенеза определило цель исследования – установить роль наседки в формировании температурного режима эмбрионов птиц.

Материалы и методика. Исследование проводилось в ГАУ «Московский государственный зоологический парк» и на кафедре технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации с.-х. и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ. Теоретическая часть включала анализ литературных источников по естественной инкубации яиц диких и сельскохозяйственных птиц, обработку методами статистики материалов собственных ранних экспериментальных исследований. Экспериментальная часть проводилась на домашних курах (*Gallus gallus*) породы Ухейилюй. Выбор породы был обусловлен развитым инстинктом насиживания. Для определения влияния температуры яиц в кладке на поведение наседок использовали муляжи яиц, снабженные нагревательными элементами. Муляжи подкладывали насиживающим курам.

Результаты и обсуждение. Эмпирически было установлено, что высокие показатели выводимости и качества молодняка в традиционных воздушных инкубаторах достигаются в узком диапазоне температур. В качестве оптимального значения температуры эмбриона, измеренной посредством контактной термометрии скорлупы, было принято значение 37,8 °C [14, 15]. Принимая в качестве гипотезы утверждение, что

наседка обеспечивает в гнезде идеальные условия для развития эмбрионов, рассмотрели факторы, влияющие на температурный режим яиц в процессе естественной инкубации. К указанным факторам относятся: температура тела наседки и ее поведение в гнезде, температура окружающей среды, эндогенное тепло эмбрионов со второй половины срока инкубации.

Температура тела у различных видов птиц является стабильным параметром и варьирует в узком диапазоне (таблица 1) [13].

Таблица 1 – Средняя температура тела птиц [13]

Table 1 – Average body temperature of birds [13]

№	Видовое название	Масса тела, кг	Температура тела, °C
1	Индюк домашний (<i>Meleagris gallopavo</i>)	3,700	41,2
2	Курица домашняя (<i>Gallus gallus</i>)	2,000	41,5
3	Голубь (<i>Columba livia</i>)	0,300	42,2
4	Домашний гусь (<i>Anser anser</i>)	5,000	41,0
5	Домашняя утка (<i>Anas platyrhynchos</i>)	1,870	42,1

Отмечается, что в период гнездования температура тела птиц повышается на 1 °C и принимает значения среднегодового максимума при сохранении высокой стабильности, свойственной теплокровным животным [9].

Представляя собой константу, температура тела насиживающей птицы не оказывает влияния на функционирование механизма терморегуляции яиц в гнезде при естественной инкубации, рассматриваемого в рамках принятой гипотезы. Следует также отметить, температура тела наседки определяет максимально возможную температуру яиц в гнезде.

Поведение наседки в процессе искусственной инкубации непосредственно влияет на температурный режим яиц. Перемещение яиц в гнезде, двигательная активность наседки, периоды ухода наседки с гнезда для кормления – факторы, вызывающие значительные изменения температуры яиц.

Результаты инструментального исследования температурных режимов естественного насиживания представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты инструментального мониторинга температурного режима в гнёздах кур при естественной инкубации (18 день инкубации)

Table 2 – The results of instrumental monitoring of the temperature regime in the nests of chickens during natural incubation (day 18 of incubation)

№ гнезда	Средняя температура 4-х сторон яйца за сутки, °C	Средняя температура верхней стороны яйца за сутки, °C	Диапазон температур 4-х сторон яйца за сутки, °C
1	37,7	39,47±0,010	34,3-38,9
2	35,0	38,83±0,005	31,7-39,1
3	34,8	39,13±0,007	29,3-37,8
4	36,8	39,53±0,009	32,3-39,4

Примечание: ошибка среднего арифметического не указана для данных о значениях с 4-х сторон яйца в связи с их многоступенчатым усреднением.

При значительном диапазоне колебаний средней температуры яиц под наседками, отмечается стабильность температуры верхней стороны яиц, обусловленная стабильностью температуры тела наседки. Вместе с тем, разность значений средней температуры яиц за сутки, доходящая до 2,9 °C (гнезда №1 и №3), не позволяет рассматривать поведенческие реакции наседки в качестве способа терморегуляции яиц в кладке.

Не менее важным, чем поведение наседки, с точки зрения формирования температурного режима яиц, параметром, является температура окружающей среды, а именно, подстилки гнезда. Согласно наблюдениям А. М. Болотникова за процессом насиживания яиц дикими птицами, вертикальный температурный градиент в гнезде составляет до 4-5°/см, горизонтальный – до 3-3.5°/см [5]. Следует отметить, что величина указанного градиента может варьировать в зависимости от температуры воздуха окружающей среды.

Установлено также, что на поведение насиживающей птицы оказывают воздействие внешние факторы [7].

Вместе с тем, из представленных выше данных следует, что наседка не обладает возможностью осуществлять терморегуляцию яиц в гнезде с точностью, требуемой для получения птенцов при искусственной инкубации. Однако показатели выводимости при естественной инкубации остаются высокими [4].

Для экспериментальной проверки гипотезы о терморегуляторной функции наседки в процессе естественной инкубации провели опыт по нагреву муляжей яиц под наседкой, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Поведение наседок при изменении температуры кладок яиц

Table 3 – The behavior of brood hens when the temperature of egg laying changes

№ наседки	Температура муляжа, °С	Продолжительность опыта, мин.	Реакция наседки
1	50,0	120	Насиживание плотное. Подъем над кладкой за период эксперимента - 5 раз. Частое дыхание. Клюв открыт.
2	50,0	60	Насиживание плотное. Подъемов над кладкой нет. Дыхание ровное. Клюв закрыт.
3	70,0	15	Насиживание плотное. Подъемов над кладкой нет. Опыт завершен после начала проявлений агрессии к муляжу (клюет подстилку гнезда и муляж).
4	70,0	20	Насиживание плотное. Подъемов над кладкой нет. Опыт завершен после начала проявлений агрессии к муляжу (клюет подстилку гнезда и муляж).

Несмотря на то, что в ходе эксперимента температура муляжей поднималась выше значений, при которых в инкубаторе отмечается 100 % гибель зародышей, до температуры 50 °С наседки не делали попыток к охлаждению кладок. При достижении температуры 70 °С наседки проявляли агрессию, выражающуюся в ударах клювом по муляжам и материалу гнезда, однако гнезд не покидали.

Выводы. Материалы исследования позволяют подтвердить предположение о том, что эволюционно сформированная роль наседки заключается в нагреве яиц, однако ее участие в формировании оптимального температурного режима эмбриона – минимально.

Несмотря на то, что данная гипотеза требует дополнительных исследований, в качестве основных положений, представляющих интерес для искусственной инкубации, можно перечислить следующие: зональный нагрев инкубируемых яиц является необходимым фактором для функционирования внутренних терморегуляторных механизмов яйца птиц; при соблюдении определенного, обусловленного физиологией птиц, диапазона, температура зонального нагрева яйца не имеет решающего значения; применение зонального нагрева яиц в процессе искусственной инкубации открывает новые перспективы в исследованиях, направленных на повышение показателей качества молодняка.

Библиографический список

1. Кузьмина Т. Н., Зотов А. А. Инновационные технологии инкубации яиц птицы с автоматическим контролем основных критических параметров // Научный аналитический обзор. Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. 92 с.
2. Петров Б. Г. Терморегуляторные механизмы яиц некоторых видов птиц и их значение в процессах насиживания. М., 1981. 16 с.
3. Рольник В. В. Биология эмбрионального развития птиц. Л., 1968. 425 с.
4. Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Андрианов А. А. Естественная инкубация яиц высокопродуктивных мясных кроссов кур // Аграрный вестник Урала. 2020. № 5 (196). С. 68-79.
5. Экологические аспекты насиживания и эмбриогенеза у птиц / А. М. Болотников, А. И. Шураков, Ю. Н. Каменский, Т. И. Соколова // Рус. орнитол. журн. 2020. Том 29. Экспресс-выпуск № 1972.
6. Adaptive responses of the embryos of birds and reptiles to spatial and temporal variations in nest temperatures / W.-G. Du, R. Shine, L. Ma, B. J. Sun // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2019. V. 286. 20192078. 10.1098/rspb.2019.2078.
7. Avian parental behavior and nest success influenced by temperature fluctuations / R. L. Carroll, C. A. Davis, S. D. Fuhlendorf, R. D. Elmore, S. E. DuRant, J. M. Carroll // J. Therm. Biol. 2018. № 74. P. 140-148.
8. Du W. G., Shine R. The behavioural and physiological ecology of embryos: responding to the challenges of life inside an egg // Biological Reviews. 2022. № 97. P. 1272-1286.
9. Guillemette M., Pelletier D. Egg-laying increases body temperature to an annual maximum in a wild bird // Scientific Reports. 2022. No 12. P. 1-11.
10. Hall Cl., Potvin D., Conroy G. A new candling procedure for thick and opaque eggs and its application to avian conservation management // Zoo Biology. 2022. 10.1002/zoo.21730.
11. Henriksen R., Holm A. S., Jensen P. Effect of contact incubation on stress, behavior and body composition in the precocial Red jungle fowl // Horm Behav. 2021. № 128. P. 104892.
12. Incubation handbook Brinsea. <https://www.brinsea.com/Brochures/BrinseaHandbook.pdf>.
13. King J. R., Farnel D. S. Energy Metabolism, Thermoregulation and Body Temperature // Biology and Comparative Physiology of Birds. Academic Press, 1961. P. 215-288.
14. Nezih O., Sabri E., Eleroglu H. Effects of egg shell temperature and incubator ventilation programme on incubation results of broiler breeders // Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2018. V. 6 (5). P. 536-542.
15. Sözcü A., Ipek A., van den Brand H. Eggshell temperature during early and late incubation affects embryo and hatchling development in broiler chicks // Poultry Science. 2022.

Информация об авторах

Судаков Александр Николаевич, заведующий инкубаторием отдела Орнитологии ГАУ «Московский зоопарк» (123242, Россия, г. Москва, ул. Большая Грузинская, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (499) 255-18-85, e-mail: ansudak@gmail.com

Скуратов Николай Игоревич, заведующий отделом Орнитологии ГАУ «Московский зоопарк» (123242, Россия, г. Москва, ул. Большая Грузинская, 1), тел. 8 (499) 255-18-85, e-mail: aixgal@yandex.ru

Андрианов Евгений Александрович, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1) доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (473) 253-71-36, e-mail: evgeniy377@gmail.com

Андрианов Алексей Александрович, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1) кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (473) 253-71-36, e-mail: alexey739@gmail.com

BREEDING OF BEEF CATTLE TO INCREASE THE EFFICIENCY OF FEED INTAKE

E. N. Usmanova, D. V. Zubochenko, P. S. Ostapchuk, T. A. Kuevda

*Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute of Agriculture of Crimea”, Simferopol,
Republic of Crimea, Russian Federation*

Received 13.09.2022

Submitted 15.11.2022

***The research was supported by the administration of the Federal State Budget Scientific Institution
“Research Institute of Agriculture of Crimea” within the framework of the state research program,
registration number AAAA-A16-116022610122-2***

Summary

At the international level, testing and data collection are continuing on the results of joint research projects on the effectiveness of feed use and residual feed consumption. The article analyzes the published scientific studies and gives an idea of the prospects of using the indicator of residual feed consumption-RFI (Residual feed intake) in breeding for the selection of beef cattle.

Abstract

Introduction. The main costs of beef production are associated with feed costs. Therefore, the development and testing of scientifically based intensive methods of breeding beef cattle to increase the efficiency of feed use is of paramount importance. **Object.** Beef cattle. **Materials and methods.** A scientific method, the purpose of which is to introduce the reader to the results of research, ideas and discussions on topic of feed intake study in beef cattle in a concise form, to reveal the techniques involved that can be repeated to other authors for research. Using the methods of search, sorting, analysis of foreign (Canada, USA, Ireland, France, Germany, Australia China) and domestic (Russia) bibliography. Collection, analysis and discussion of published information on the topic of improving feed efficiency of beef cattle. **Results and Conclusions.** The paper presents the results of cattle breeding according to the RFI (Residual feed intake) indicator, which will increase the profitability of cattle breeding. A brief analysis of published scientific studies was carried out and an opinion was given about the prospects for using the indicator of residual feed consumption – RFI to reduce feed costs and methane emissions into the environment. It was found that some individuals (effective animals or –RFI) have high growth rates with low feed consumption, while others – not effective animals or +RFI), under the same feeding and maintenance conditions, achieve low growth rates with high feed consumption and at the same time, they have similar average daily gain. This issue has not yet been studied in depth enough and some studies are contradictory. In-depth studies of biological processes are required on groups of different ages and physiological conditions and on different feed diets. The use of recently developed genotyping analyses containing functional variants and the calculation of genotypes based on chips up to the complete genome sequence provides an approach to simultaneously testing tens of millions of variants for their effect on RFI.

Key words: *Beef cattle, selection, feeding efficiency, residual feed intake.*

Citation. Usmanova E. N., Zubochenko D. V., Ostapchuk P. S., Kuevda T. A. Breeding of beef cattle to increase the efficiency of feed intake. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 270-286 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-33.

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

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

УДК 636.2.033:636.082.2:636.084

СЕЛЕКЦИЯ МЯСНОГО СКОТА НА ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМА

Е. Н. Усманова, кандидат сельскохозяйственных наук

Д. В. Зубоченко, кандидат биологических наук

П. С. Остапчук, кандидат сельскохозяйственных наук

Т. А. Куевда, кандидат биологических наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь

Дата поступления в редакцию 13.09.2022

Дата принятия к печати 15.11.2022

Исследования выполнены при поддержке администрации Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма" в рамках государственной программы НИР, регистрационный номер НИ-ОКТР АААА-А16-116022610122-2

Актуальность. Основные затраты по производству говядины связаны с издержками на корма. Поэтому разработка и апробация научно обоснованных интенсивных методов селекции мясного скота на повышение эффективности использования корма приобретает первостепенное значение. **Объекты.** Крупный рогатый скот мясного направления продуктивности. **Материалы и методы.** Использование научного метода, цель которого – познакомить читателя с результатами исследований, идеями и дискуссиями на тему изучения эффективности потребления корма мясным скотом в сжатой форме, раскрыть задействованные приемы, которые можно повторить другим авторам для изысканий. Использование методов поиска, сортировки, анализа зарубежной (Канада, США, Ирландия, Франция, Германия, Австралия, Китай) и отечественной (Россия) библиографии. Сбор, анализ и обсуждение опубликованной информации по тематике совершенствования мясного скота по эффективному потреблению корма. **Результаты исследований.** В статье представлены результаты животноводства по показателю RFI (Остаточное потребление корма), что позволит повысить рентабельность животноводства. Был проведен краткий анализ опубликованных научных исследований и высказано мнение о перспективах использования показателя остаточного потребления кормов – RFI для снижения затрат на корма и выбросов метана в окружающую среду. Некоторые особи (эффективные животные или – RFI) достигают высоких темпов роста при низком потреблении корма, в то время как другие – неэффективные животные или +RFI, при тех же условиях кормления и содержания имеют низкие среднесуточные приросты при высоком потреблении корма. Этот вопрос еще недостаточно глубоко изучен, и некоторые исследования противоречивы. Необходимы углубленные исследования биологических процессов в группах разного возраста и физиологических состояний, а также при использовании различных рационов кормления. Использование недавно разработанных анализов генотипирования, содержащих функциональные варианты, и вычисление генотипов вплоть до полной последовательности генома с использованием чипов обеспечивает подход к одновременному тестированию десятков миллионов вариантов на предмет их влияния на RFI.

Ключевые слова: мясное скотоводство, селекция мясного скота, эффективность кормления КРС, остаточное потребление корма.

Цитирование. Усманова Е. Н., Зубоченко Д. В., Остапчук П. С., Куевда Т. А. Селекция мясного скота на повышение эффективности использования корма. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 270-286. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-33.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в анализе источников литературы, сборе информации, написании и редакции статьи. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На современном этапе развития отрасли селекция должна быть нацелена на улучшение признаков, связанных с экономикой отрасли и делающих выгодным разведение скота мясного направления продуктивности. Наибольшее влияние на увеличение прибыли оказывают затраты на корма — 61,4 % и качество туши — 30,4 %. Затраты на корма — это основной экономический фактор, влияющий на рентабельность производства говядины.

В настоящее время существует значительный интерес к повышению эффективности использования кормов как к средству увеличения прибыли и методу повышения экологической устойчивости систем производства говядины. Цель этого обзора состояла в том, чтобы проанализировать опубликованные научные исследования и дать представление о перспективах применения в селекции показателя остаточного потребления корма - *RFI (Residual feed intake)*.

Материалы и методы. Использование метода анализа литературных источников, цель которого — обосновать результаты исследований по теме изучения эффективности потребления корма мясным скотом, раскрыть задействованные приемы, которые можно повторить другим авторам для предстоящих изысканий. Использование методов поиска, сортировки, анализа зарубежной (Канада, США, Ирландия, Франция, Германия, Австралия, Китай) и отечественной (Россия) библиографии. Сбор, анализ и обсуждение опубликованной информации по тематике совершенствования мясного скота в вопросах эффективного потребления корма. **Объект:** отечественные и зарубежные литературные источники по направлению исследований в области разведения крупного рогатого скота мясного направления продуктивности.

Результаты и обсуждение. В настоящее время мясное скотоводство развивается на научной основе, главное направление здесь сосредоточено на генетике и генетическом улучшении стада [14].

Оценка скота по EPD. Зарубежные племенные ассоциации и предприятия, занимающиеся воспроизводством семенного материала высокопродуктивных быков-производителей, собирают информацию и эффективно используют ожидаемые различия в потомстве — EPD (Expected progeny differences) — для улучшения генетических качеств скота [3, 4, 5, 8]. Использование в программах генетического улучшения EPD или EBV (оценочная племенная ценность) считается лучшим способом оценки генетической информации стад. Оцениваемый генетический потенциал определяют путем измерения наследуемых признаков, влияющих на рентабельность производства, в первую очередь таких признаков, как живая масса и прирост живой массы. Ожидаемое различие в потомстве (EPD) рассчитывается на основе данных родословных животных и производительности потомства. EPD — показатель, прогнозирующий продуктивность будущего потомства в сравнении со среднестатистическими признаками потомства других животных. Оценка по комплексу признаков (EPD или EBV) включает геномную информацию, что позволяет увеличить точность оценки признака. Цель данной оценки заключается в определении генетического потенциала животного и прогнозирования передачи таких важных признаков, как скорость роста, репродуктивная способность, качество мяса, молока и устойчивость к паразитам или инфекционным агентам. Однако ранее в племенной работе и для геномной оценки не уделялось достаточного внимания факторам, снижающим затраты в рамках производственного цикла, таким как эффективность кормов [14], хотя это очень важный показатель, влияющий на рентабельность производства. В производственных условиях широко применялся показатель оценки эффективности кормов — коэффициент конверсии корма (FCR — Feed conversion ratio),

или соотношение потребленного корма и прироста или расход корма на единицу прироста живой массы. Однако эта мера дает представление лишь о среднем показателе потребления корма по группе животных и не показывает индивидуальное потребление корма животными.

Среднее значение потребления корма группой может быть значимо для определения затрат на откормочной площадке, но имеет мало значения для селекционной работы и племенного стада. Зарубежные ассоциации мясных пород крупного рогатого скота (США, Канада) считают, что для оценки индивидуальной эффективности кормления в племенных стадах уместно применять в селекционных программах так называемое остаточное потребление корма, или RFI.

Оценка скота по показателю RFI. Во всех секторах мясного скотоводства качество кормов, стоимость и эффективное переваривание/поглощение/конверсия являются ключевыми факторами здоровья животных, воспроизводства, производительности и рентабельности. На пищевые потребности мясного скота влияет стадия производства [8].

Показатель RFI был разработан Робертом М. Кохом в 1963 году как ответ на трудности использования коэффициента конверсии корма для сравнения отдельных животных. Его исследования показали, что потребление корма можно разделить на две части: ожидаемое потребление корма, зависящее от уровня продуктивности животного и остаточная часть между количеством корма, которое животное должно съесть, и тем, что животное на самом деле ест. Согласно предложенным расчетам Р. М. Коха (1963), потребление сухого вещества оценивается по регрессии суточного потребления в зависимости от средней метаболической массы тела ($BW^{0,75} = [(BW_{final} / \text{заклучительная масса} + BW_{initial} / \text{начальная масса}) / 2]^{0,75}$) и среднего суточного прироста. Остаточное потребление корма (RFI) предлагалось рассчитывать по разнице между наблюдаемым и расчетным потреблением.

В последнее время остаточное потребление корма (RFI) стало предпочтительным измерением [20]. Но до сегодняшнего времени ограничением применения в широких масштабах этого показателя была неспособность регулярно собирать фенотипы достаточного количества животных, чтобы обеспечить значимые различия при отборе, достоверность учета, оценки потребления корма и роста животных.

Установлено, что одни особи имеют высокие показатели приростов при низком потреблении корма, другие при тех же условиях кормления и содержания, достигают низких показателей приростов при высоком потреблении корма [9]. Basarab J. A. с соавторами [11] сообщают, что коровы с низким RFI в условиях экстенсивного выпаса имели сходные продуктивные показатели по сравнению с их современниками с высоким RFI. Определен экономический потенциал, связанный с отбором мясного скота по RFI.

Показатель RFI или чистое потребление корма определяется по разнице между фактическим потреблением корма животным или съеденным кормом и расчетными потребностями животного в кормах, основанными на его массе тела и приростов в течение стандартизированного периода испытаний [18]. По существу, RFI можно характеризовать как изменение потребления корма, которое остается после выполнения установленных норм кормления с учетом содержания, возраста, приростов.

Для измерения RFI группы животных любой численности их ставят на определенный рацион кормления, измеряют индивидуальное потребление корма, рассчитывают среднюю массу и среднесуточный прирост группы, устанавливают

коэффициенты в зависимости от средних показателей. Затем в математические модели включают индивидуальные живую массу, прирост, коэффициенты. Рассчитывают среднее потребление корма группы животных с учетом конкретной массы и ежедневных приростов. Затем из фактического потребления корма конкретного животного вычитают ожидаемое значение потребления и получают фактическое значение RFI.

Данный коэффициент позволяет установить так называемых эффективных животных, которые едят меньше, чем ожидалось. Эти животные имеют отрицательный или низкий RFI, в то время как неэффективные животные потребляют корма больше, чем ожидалось, и имеют положительный или высокий RFI. Отбирая животных с целью снижения RFI, фермеры могут разводить животных, которые поедают корм в меньшей степени, но при этом имеют высокую скорость роста, то есть эффективно используют корм. В настоящее время исследования по применению остаточного потребления кормов продолжаются. Обычно RFI измеряются у молодняка крупного рогатого скота в возрасте 7-10 месяцев в загонах откормочных площадок, оборудованных станциями кормления, предназначенными для автоматического контроля индивидуального потребления корма животными в течение 70-дневного теста. Один из методов оценки RFI с помощью теста эффективности – Grow Safe beef performance test – показатель эффективности выращивания безопасной говядины.

Основное преимущество отбора наиболее эффективных животных (с отрицательным уровнем RFI (L-RFI) заключается в снижении потребления сухого вещества (DMI) при производстве говядины без ущерба для показателей роста (в сравнении с животными с положительным показателем (H-RFI)). Сокращение DMI для производства единицы говяжьего продукта эффективно снизит затраты на корма, что приведет к максимизации общей прибыльности мясной промышленности. Nkrumah J. D. (2006) отмечал, что данная стратегия уменьшит воздействие на окружающую среду, поскольку животные с L-RFI производят соответственно на 28 и 15 % меньше метана и навоза, чем животные с H-RFI.

В 2005-2006 годах на ферме университета Миссури США учеными Rolfe K. M., Snelling W. M., Nielsen M. K. и другими был проведен опыт по определению влияния классификации RFI (низкий, средний и высокий показатель) на потребление корма при выпасе мясных коров герефордской породы разного физиологического состояния (беременные и лактирующие) и последующую пропускную способность пастбищ. Первоначально летом 2005 года было проведено 51-дневное испытание с использованием 42 герефордских телок с применением системы подачи корма Grow Safe 4000 E. Средний начальный вес телок составлял 491 ± 20 кг, возраст $1,9 \pm 0,1$ года. В соответствии с установленным показателем RFI телки были разделены на три группы: с низким, средним и высоким RFI. Ожидаемое потребление корма рассчитывали путем регрессии фактического потребления корма и с учетом метаболического среднего веса и среднесуточного прироста во время исследования. Во время первого и второго экспериментов коровы с низким и высоким RFI в середине и в конце беременности были помещены в загон площадью 1,8...2,4 га с овсяным покровом, где они находились в течение 84 дней летнего периода. Используя еженедельные показания пластинчатого измерителя роста (RPM) и урожаи кормов каждый 21-й день, было рассчитано среднее потребление сухого вещества корма животными. Группы с низким и высоким RFI практически не различались по изменению живой массы и упитанности. Установили, что у коров с низким RFI показатель потребления сухого вещества был на 21 % ниже, чем у коров с высоким RFI (12,4 против 15,6 кг/сут.; $P = 0,23$). Во время третьего эксперимента про-

вели испытание 24 голов коров средним весом 563 кг с низким и высоким RFI с телятами на подсосе, они выпасались на пастбище (0,7 ... 0,9 га) с покровной культурой овсяница в течение 60 дней в конце зимы и ранней весной (Meyer A. M., Kerley M. S., Kaltenbach R., 2008). Из-за ограниченной доступности и качества корма на момент начала испытаний парам корова-теленки также ежедневно скармливали 3,31 кг на пару соевые пилеты. Группы с низким и высоким RFI не различались ($P \leq 0,05$) по изменению массы и приростам на протяжении испытания. Несмотря на то, что использование предлагаемых кормов было одинаковым для пар коров с низким и высоким RFI ($P \leq 0,05$), у коров с низким RFI и их телят показатель потребления сухого вещества был на 11 % ниже, чем у пар с высоким RFI (12,5 против 14,1 кг/сут.; $P = 0,12$). Был сделан вывод о том, что между лактирующими коровами с низким и высоким RFI не существовало больших различий в потреблении, а небольшое количество животных ограничивало способность обнаруживать различия.

Геномная оценка и перспективы оценки генов для повышения эффективного использования корма. На данный момент существует достаточное количество платформ генотипирования. Молекулярно-генетические маркеры (ДНК-маркеры) – это генетические маркеры, основанные на определении наблюдаемых полиморфных признаков, выявляемых методами молекулярной биологии и анализируемых на уровне нуклеотидной последовательности ДНК.

Использование недавно разработанных анализов генотипирования, содержащих функциональные варианты, и исчисление генотипов на основе чипов вплоть до полной последовательности генома обеспечивает подход к одновременному тестированию десятков миллионов вариантов на предмет их влияния на RFI.

Геномная информация включена в Национальную оценку крупного рогатого скота США. Селекционеры отправляют образцы крови или ткани в Центр AAA (American Angus Association), где они кодируются и направляются в партнерскую компанию NEOGEN. Определяются генетические маркеры животных и их сравнительная оценка внутри породы. Детальные результаты отправляют обратно. С 1974 года американская ассоциация ангуса (AAA) собирает данные для генетической оценки мраморности (MRB), площади длиннейшей мышцы между 12-м и 13-м ребрами (LMA), глубины подкожного жира (SQF) и массы туши (CWT). Были установлены генетические корреляции оценки молекулярно-селекционной ценности (MBV) и целевыми экономически значимыми признаками: 0,54 – для массы туши; 0,58 – для площади мышечного глазка (REA), 0,50 – для глубины подкожного жира и 0,65 – для мраморности.

Используют ISSR-PCR (Inter simple sequence repeat - polymerase chain reaction) и SNP анализы. ISSR-PCR анализ – метод мультилокусного генотипирования, позволяет получить данные о генетической и популяционной структуре. SNP анализ – метод монолокусного типирования, относящегося к группе ДНК-чипов. Метод основан на определении олигонуклеотидного полиморфизма между особями одного вида.

На современном этапе были секвенированы гены, обуславливающие проявление мясной продуктивности и качество говядины.

Одним из основных параметров, используемых для оценки качества говядины, является мраморность, поскольку она напрямую влияет на органолептические характеристики мяса. По этой причине во многих странах, таких как Канада, выплачиваются бонусы животноводам, производящим мясо премиум-класса. В настоящее время известно несколько генов-кандидатов, определяющих мраморность говядины: гены тиреоглобулина KPC (TG), диацилглицерола О-ацилтрансферазы (DGAT), лептина (LEP) кальпаина (CAPN).

Ген тиреоглобулина KPC (TG) расположен в области центромеры 14 хромосомы у крупного рогатого скота. Последовательность гена была секвенирована впервые Parma с соавторами в 1987 году, а наличие различных аллелей выявлено Georges M. С соавторами в том же году. Ассоциативная связь мраморности с маркером CSSM66 показана Barendse W. J. с соавторами (1997). Было установлено, что гомозиготный или гетерозиготный по дельта-тимин аллелю (ТТ или СТ) скот отличается более высокой мраморностью, чем гомозиготный по дельта-цитозин аллелю (СС). Тиреоглобулин является предшественником тиреоидных гормонов трийодотиронина (Т3) и тетрайодотиронина (Т4), которые участвуют в образовании жировых клеток и формировании мраморности.

Ген диацилглицерол О-ацилтрансферазы (DGAT) расположен на 14-й хромосоме крупного рогатого скота. DGAT катализирует последний этап синтеза триглицеридов. Полиморфизм гена был идентифицирован Grisart В. в 2002 году, который заключается в динуклеотидной замене AA/GC (К/А) в начале экзона VIII. Данная мутация приводит к неконсервативной замене лизина на аланин. Желательным генотипом, определяющим содержание внутримышечного жира, является генотип КК, который приводит к достоверному увеличению (в 5 раз) активности DGAT. В 2002 году Winter A. А. с соавторами в своем исследовании показали зависимость повышенного содержания жира в молоке у животных-носителей аллеля К, по сравнению с гомозиготными животными по аллелю А (АА генотип).

Ген лептина (LEP) у крупного рогатого скота расположен на четвертой хромосоме. Гормон участвует в контроле питания, расхода энергии, регулировании массы тела млекопитающих, воспроизводства и определенных функций иммунной системы. Geary T. W. и соавторы (2003) сообщают о положительной корреляции концентрации лептина в сыворотке крови с мраморностью мяса в коммерческих кроссбредных линиях крупного рогатого скота. Олигонуклеотидная замена (SNP) C73T кодирующей области во втором экзоне гена приводит к замене аргинина (Arg) на цистеин (Cys). Наличие аллели С ассоциируется с высоким содержанием жира в туше, тогда как аллель Т характеризуется низким содержанием жира в мясе. SNP C528T в 5'-нетранскрибируемой области промотора гена приводит к замене цитозина на тимин. Животные, имеющие гомозиготный генотип ТТ и характеризуются достоверными ($P \leq 0,001$) увеличениями концентрации лептина в сыворотке крови (до 48 %), толщины шпика (до 39 %) и мраморности мяса (до 13 %). Также животные с данным генотипом отличаются более высоким потреблением корма, темпом роста и живой массой к моменту убоя.

Ген кальпаина (CAPN) расположен на 29 хромосоме крупного рогатого скота. В результате исследования Селивановой М. И. и Плахтюковой В. Р. [18], было установлено преимущество молочности коров-носителей генотипа СС, что проявлялось в более высоких показателях живой массы их потомков в возрасте 205 дней (до 6,8 %), более высокой интенсивности липидного обмена, а также повышенным содержанием жира и белка в мышечной ткани и её калорийности.

Метод количественной оценки экспрессии ДНК-методом RT-qPCR направлен на определение транскрипционных профилей высокой и низкой мраморности говядины с акцентом на белках мышечного клеточного происхождения, которые могут быть вовлечены в регуляцию развития мраморности. В результате анализа было идентифицировано два гена-кандидата (*MRC1* и *DNER*). *MRC1* является трансмембранным белком, связывающим гликопротеины. Ген *MRC1* может быть значительно регрессирован с внутримышечным жиром: по мере снижения экспрессии

MRC1 внутримышечный жир в туше увеличивается. DNER – нейронспецифический трансмембранный белок, главным образом экспрессируемый в мозжечке, может ингибировать дифференцировку адипоцитов и способствовать пролиферации мезенхимальных клеток-предшественников адипоцитов, приводя к увеличению процента внутримышечного жира. Молекулярная биология позволила идентифицировать механизмы действия миостатина. В опытах Leo O. F. (2012) отбор на повышенную мясистость привел из-за инактивации гена миостатина к появлению феноменальных животных с двойной мускулатурой, отличающихся высоким выходом туши, высокой эффективностью корма, нежностью мяса, более низким содержанием коллагена.

Использование методов биоинформатики, таких как определение местоположения генов, выявление геномных областей, контролирующих фенотипические вариации целевых признаков, способствуют повышению предсказательной способности.

Прогностическая способность зависит от эффективной численности популяции, наследуемости и количества животных в обобщающих выборках. Увеличение числа генотипированных животных повышает прогностическую способность.

Таким образом, внедрение в производство молекулярно-генетических методов создает возможность значительно ускорить селекционный процесс, прогнозируя уровень продуктивности и особенности проявления хозяйственно-полезных признаков животных с ранних этапов жизненного цикла.

Несмотря на то что реализация программы геномной оценки стада требует инвестиций, данные вложения себя оправдают возможностью раннего отбора животных, обладающих желательными признаками, которые будут выражены на поздних стадиях развития (мясная, репродуктивная продуктивности, качество и состав мяса, эффективность использования корма др.). Основываясь на знаниях наследования признаков, применение маркер-ассоциированной селекции создает возможность управлять селекционным процессом путем целенаправленного скрещивания предков известного генотипа для получения высокопродуктивного потомства, обладающего желательным генотипом.

Международные ассоциации мясного скота накапливают данные заводчиков о потреблении корма и приросте с помощью тестирования Grow Safe beef performance test, считают, что эти данные и выделенные ДНК в перспективе будут использованы в области геномики.

Селекционно-генетические параметры и взаимосвязи RFI с другими хозяйственно-полезными качествами. Поскольку RFI является относительно новым признаком, возникают вопросы относительно его влияния на другие признаки и его повторяемости на разных этапах жизни животного, находящегося в разных условиях при кормлении разными рационами.

Было установлено, что показатели тестирования RFI, измеренные при использовании рационов для разных групп: рациона для животных на выращивании, а затем на рационе для заключительного откорма (финишер), положительно коррелируют между собой и одинаково ранжируются. Показатели RFI, полученные от телок после отъема, и RFI, измеренного у тех же животных, но уже в зрелом возрасте имели также положительную корреляцию. Однако другие исследования показали, что в некоторых случаях животные давали разные результаты в разные периоды оценки, то есть отдельные особи имели положительный RFI, то есть были неэффективны в одном тесте, а затем, когда их снова проверяли уже при использовании другого рациона, были

эффективны или имели отрицательный RFI. Такая переоценка может быть обусловлена погрешностью измерения массы тела и потребления корма, вариабельностью животных по приростам и живой массе, вариабельностью эффективности животных в зависимости от возраста, особенностью микробной популяции рубца и т.д. Тем не менее предварительные данные Исследовательского центра Лакомба в Канаде подтверждают умеренную и сильную повторяемость RFI на разных этапах жизни животного (Genetic Improvements in Feed Efficiency, Канада, 2016).

Коэффициент остаточного потребления корма и потребления сухого вещества, установленного Nkrumah, D. J., Okine, E. K. и Mathison, G. W., (2006), имел генетическую корреляцию 0,66, сильная генетическая корреляция (0,86) была установлена между среднесуточным приростом и откормочными качествами; генетические корреляции были менее сильными между потреблением сухого вещества и среднесуточным приростом (0,56 и 0,71).

Многолетние исследования ученых из США и Канады [3, 4, 8] установили генотипические и фенотипические взаимосвязи между коэффициентом RFI и характеристиками туши. Таким образом, был сделан вывод о том, что отбор на низкий RFI (эффективный скот) оказывает влияние на рост, выход мяса и качество туши; уменьшает потребление корма при достижении равной массы тела и при одинаковом среднесуточном приросте; улучшает соотношение потребленного корма и прироста массы на 10 – 15 %, оказывает положительное влияние на упитанность и массу тела при убое, особенно в стрессовые периоды; снижает затраты на корм.

Исследования, проведенные в 2008 году бразильскими авторами Arthur J. P. F. и Herd R. M. выявили слабую генетическую связь между RFI и упитанностью, но при этом показали, что необходимы дополнительные исследования для оценки величины этой связи у разных пород, полов, возрастов и рационов в период после отъема. RFI является умеренно наследуемым, и следовательно, отбор животных с низким RFI приведет к рождению потомства, которое будет потреблять меньше корма при том же уровне продуктивности, что и у потомства крупного рогатого скота с высоким RFI.

Basarab J. A. с соавторами в 2007 году установил, что RFI не зависит от фертильности, однако телки с высоким RFI достигали половой зрелости раньше, чем телки с низким RFI. Кроме того, линейная связь между RFI и возрастом достижения периода полового созревания показала, что увеличение RFI на единицу приводит к ускорению наступления полового созревания в среднем на 7,54 дней. Таким образом, RFI косвенно может повлиять не только на возраст первого отела, но и на последующую пожизненную продуктивность.

Ученые из США (Lancaster P. A. с соавторами, 2003) охарактеризовали потребление остаточного корма (RFI) и корреляцию с жиросложением у растущих телок. По их мнению, учитывая различия в потреблении корма между группами с различным RFI, менее эффективные животные накапливают избыточную энергию в виде жиросложения, что, может ускорить в дальнейшем половое созревание. Они наблюдали отрицательную линейную зависимость между RFI и возрастом полового созревания, при этом каждое увеличение RFI на 1 единицу соответствовало снижению на 7,5 дней возраста полового созревания, но не влияло на частоту беременности ($P \leq 0,10$). По выводам Shaffer K. S. с соавторами (2011), различия в жировых отложениях и скорости метаболизма, связанные с RFI, могут задержать репродуктивную зрелость.

RFI было отрицательно связано с возрастом полового созревания, по мнению Geary T.W. с соавторами (2014). Отбор для снижения RFI в популяциях мясного скота практически не влиял на фертильность, на возраст наступления периода полового со-

зревания и не оказывал никакого влияния на характер отела у нетелей. Также исследованиями Lancaster P.A. с соавторами (2009) было доказано, что отбор по RFI не оказывает отрицательного влияния на оплодотворяемость коров и быков. Эффективные телки по уровню RFI потребляли меньше корма без какого-либо снижения прироста, упитанности или изменении репродуктивных качеств.

Таким образом, по данным вышеупомянутых авторов, отбор по эффективному потреблению корма животными не оказал отрицательного влияния на репродуктивные функции.

Данные вопросы требуют изучения: во-первых, генетическое взаимодействие генов, влияющих на RFI, с другими признаками пока еще не до конца изучено. Во-вторых, количество животных с высокими качественными оценками RFI остается небольшим [8]. Очень важно понимание долгосрочного эффекта отбора по RFI для предотвращения потенциально негативных косвенных эффектов отбора, базирующихся на экономически важных признаках в производстве говядины.

Признается, что измерение RFI зависит от физиологического состояния животных. Lawrence P. C. с соавторами установили, что фенотипические различия между потреблением сухого вещества – DMI (Dry Matter Intake) эффективных и неэффективных телок крупного рогатого скота до 15 % и 25 % у беременных коров. Регрессионные модели, используемые для прогнозирования RFI у быстрорастущего крупного рогатого скота, могут не подходить для беременных и лактирующих мясных коров, поскольку большая часть фенотипической дисперсии DMI (потребление сухого вещества) остается необъясненной или, наоборот, ошибка в оценке живой массы и прироста слишком высокая [3].

Подтверждено, что RFI не был связан с ростом до и после отъема, размерами тела, убойной массой и признаками туши у мясного скота, а фенотипические и генетические корреляции близки к нулю.

Мао F. с соавторами [10] исследовали фенотипические и генетические корреляции бычков пород ангус и шароле по уровню RFI. Учитывали толщину жира, которую фиксировали при помощи ультразвукового исследования, выход постного мяса и мраморность туши. В результате исследований было отмечено, что RFI оказывал влияние на перечисленные признаки туши.

Разницы в массе туши, степени мраморности между коровами с положительными и отрицательными значениями RFI не установлено [3, 10]. Однако в австралийском исследовании Meyer A. M. с соавторами (2008) сообщалось о различной активности кальпаина и кальпастина эффективных и неэффективных животных, что влияло на нежность мяса.

В 2005 Denny D. H. и Crews Jr. установили, что наследуемость для фенотипического потребления остаточных кормов была умеренной и варьировала от 0,26 до 0,43. Сотрудники Американской герефордской ассоциации (АНА) также установили умеренный показатель наследуемости признака эффективности потребления корма от 0,39 до 0,45 и большую вариацию в диапазоне значений RFI, отсюда следует вывод, что может быть достигнут значительный генетический прогресс в селекционных программах, приводящий к экономии затрат.

Lancaster P. A. и его коллеги (2009) оценивали фенотипические и генетические корреляции с производительностью и ультразвуковыми характеристиками туши у растущих телок. Была установлена высокая корреляция потребления остаточного корма, RFI с поправкой на тушу (RFIc) с потреблением сухого вещества и коэффициентом конверсии корма (FCR), исходя из этого, представляется возможным

существование генетических связей между RFI и составом туши. Полученные результаты предполагают, что корректировка RFI по ультразвуковым признакам состава туши облегчит отбор.

Опыты, проведенные на молодняке жвачных животных (ягнята) [1], показали, что ягнята с низким RFI имеют меньший рубец и более длинную двенадцатиперстную кишку, что указывает на меньшее потребление корма и более высокую скорость всасывания питательных веществ, чем у ягнят с высоким RFI. Масса органов: печень, легкие и почки, у ягнят с низким RFI была взаимосвязана с низким потреблением энергии и более медленным уровнем метаболизма. Концентрации тироксина и адренокортикотропного гормона в плазме крови были ниже в группе с низким RFI, чем в группе с высоким RFI.

Молекулярно-генетические исследования потребления корма. Различия в метаболизме белка и тканей могут объяснить до 37 % различий в эффективности кормов среди крупного рогатого скота. Компоненты Ca^{2+} -зависимой протеолитической системы кальпаина регулируют белковый метаболизм, в частности кальпаин 1 и его эндогенный ингибитор кальпаистатин. Кальпаистатин ингибирует деградацию белков кальпаином 1 в присутствии Ca^{2+} , таким образом, большая активность кальпаистатина приводит к накоплению белка. Однако снижение деградации белка после смерти приводит к менее нежной говядине.

Cruzen S. M. [8] наблюдал уменьшение аутолиза μ -кальпаина и деградации тропонина-T при 3-дневном посмертном вскрытии у свиней L-RFI, что указывает на замедление посмертного протеолиза во время посмертного старения. Эти данные свидетельствуют о том, что у более эффективных свиней (L-RFI) происходит меньшая деградация белка, что может объяснить значительную часть их повышенной эффективности.

Kelly A. K. с соавторами (2010) изучали взаимосвязь RFI с производственной эффективностью, метаболическими показателями крови у годовалых телок с генотипом лимузин $\times$ голштино-фризская. Эксперимент включал в себя исследование крови. Забор крови осуществляли из яремной вены четырехкратно, через равные промежутки времени, фиксировали содержание инсулина, лептина. В результате данного эксперимента ученые обнаружили, что у молодых растущих животных RFI генетически не связан с приростами живой массы.

В то же время значительные различия в показателях производительности и эффективности кормов были обнаружены при выращивании телок мясного направления, что свидетельствует о необходимости дальнейшего исследования для широкомасштабной идентификации животных с генетическими достоинствами для RFI в раннем возрасте. Генетическая основа RFI изучалась Moog, S. S. с соавторами (2006, 2009); Sherman E. L. с соавторами (2006, 2008). Для повышения эффективности потребления кормов использованы генетические маркеры.

Проблема, с которой сталкиваются исследователи и селекционеры, изучающие RFI, состоит в необходимости учитывать различные аспекты вариаций RFI и различные взаимодействия генов.

В настоящее время большое количество научных исследований направлены на обнаружение генетических корреляций признаков, имеющих экономическое значение с показателями RFI, ERT, а также на разработку селекционных программ улучшения пород.

Стремительно совершенствуются методы статистической обработки, необходимые для точного прогнозирования племенных показателей и различий в потомстве (EPD) [14].

Исследование Kong R. S. с соавторами показало, что 20 % вариаций RFI у мясного скота сопряжены с различиями в функциях, связанных с рубцовым пищеварением, таких как ферментативные процессы микробиома и метаболизма в клетках эпителия рубца. Была рассмотрена связь между эффективностью кормления мясного скота и изменениями в транскрипции генов эпителия рубца, играющих ключевую роль в поглощении летучих жирных кислот (ЛЖК), метаболизме, кетогенезе и иммунной/воспалительной реакции [19].

Корреляционный анализ показал значительную положительную связь между RFI и относительным числом копий мДНК в эпителии рубца, что связано с участием митохондрий в окислительном фосфорилировании.

Наиболее значимыми корреляциями с показателями RFI обладали гены, ответственные за ацетилирование (195 генов) и фосфорилирование (210 генов), и гены, участвующие в посттрансляционной модификации. Также были определены гены, вовлеченные в процессы синтеза белка, деградации, свертывания и транспорта. Усиление экспрессии данных генов у животных предполагает увеличение оборота белка. Кроме того, были также идентифицированы биологические процессы, связанные с катаболизмом и анаболизмом энергии, таких как гликолиз, цикл трикарбоновой кислоты (ТКА) и окислительное фосфорилирование. У L-RFI бычков в эпителии отмечалась повышенная экспрессия генов, участвующих в гликолизе (TP11, HK1 и PKM2), окислительном фосфорилировании (COX8A, ATP6AP1 и ATP6V0D1) [19].

Также исследователи сообщили о более высоком уровне экспрессии генов, участвующих в росте и пролиферации клеток, таких как семейство носителей растворенного вещества 26 (SLC26A3), кавеоллин 1 (CAV1), NAD(P)H дегидрогеназа [хинон] 1 (NQO1) и регулятор G-белка сигнализации 5 (RGS5) у бычков, классифицированных как более эффективные. Увеличение морфогенеза и пролиферации ткани может быть связано с повышенной парацеллюлярной проницаемостью, в результате чего увеличивается абсорбция питательных веществ.

Одновременное увеличение экспрессии генов, участвующих в поглощении ЛЖК (динамин-2 (DNM2); тубулин бета-5 (TUBB5); тубулин альфа-4а (TUBA4A)) у эффективных животных является частью функциональной адаптации, компенсируя более низкое потребление корма [10]. Ускорение усвоения ЛЖК в ответ на усиление их абсорбции эпителием слюнных желез у наиболее эффективных животных приводит к увеличению внутриклеточной протонной (H⁺) нагрузки, следовательно, к снижению внутриклеточного pH [1]. Натрий-водородные антипортеры, такие как SLC9A1, локализующиеся в гранулезном слое эпителия рубца, играют центральную роль в поддержании постоянного pH в эпителиальных клетках рубца. Таким образом, более высокая экспрессия SLC9A1 гена у наиболее эффективных животных свидетельствует о лучшей функциональной способности эпителия рубца для поддержания pH [20].

Работы ряда исследователей показали отличие микробиома рубца у бычков с L-RFI и H-RFI [15]. Разница в потреблении корма между бычками с L-RFI и H-RFI при одинаковых условиях содержания говорит о существовании различий в эффективности преобразования корма, абсорбции питательных веществ, производства и распределении энергии.

McCann J. C. [12] с соавторами в своем исследовании показали высокую и низкую концентрации Bacteroidales и Prevotella соответственно в рубцовом содержимом у L-RFI быков породы брахман. Liang Y. S. с соавторами сообщили, что наиболее эффективные ягнята имели более низкий уровень концентрации Butyrivibrio fibrisolvens и Escherichia coli [7].

Согласно данным Elolimy A. A. и соавторов [6], наиболее эффективный крупный рогатый скот имел большую концентрацию бактерий, играющих ключевую роль в переваривании целлюлозы (*Eubacterium ruminantium* (218,4 %), *Fibrobacter succinogenes* (290,0 %)), утилизации лактата (*Megasphaera elsdenii* (233,3 %)), и меньшую концентрацию бактерий, участвующих в потреблении крахмала (*Succinimonas amylolytica* (– 81,6 %)) [7].

Идентифицируя соответствующие генные маркеры, можно легко и недорого определить оценки геномной селекции для любого животного в пределах конкретных пород. Это позволит добиться эффективного и экономичного прогресса в выборе эффективности кормов. Обмен геномной информацией между различными исследовательскими проектами по всему миру и валидация генных маркеров для различных популяций крупного рогатого скота позволят широко применять эту технологию на широкой основе.

Основным препятствием для внедрения RFI остаются стоимость и технические трудности в измерении этого признака. Этот прием делает RFI основным кандидатом для отбора с использованием маркеров, поскольку признак умеренно наследуется, и в схемах отбора можно использовать ДНК или другие прогностические маркеры.

Перспективы использования RFI. Российские исследования Джуламанова К. М. и Герасимова Н. П. [5] подтвердили необходимость оценки показателя эффективности потребления корма. Был определен показатель остаточного потребления сухого вещества мясным скотом. Они установили, что бычки и телки импортной селекции, прошедшие длительную селекцию герефордского скота канадскими животноводами с учётом RFI по сравнению с их сверстниками, не проходившими отбор по данному показателю в возрасте 15 месяцев при одинаковых условиях кормления и содержания, превосходили по величине весового роста и характеризовались лучшей эффективностью (– 0,043 кг по бычкам и – 0,049 кг) использования корма, исходя из разницы между фактическим и ожидаемым потреблением сухого вещества.

Всем известно, что эффективность кормления – это сложная, многогранная характеристика, находящаяся под контролем многих биологических процессов, поэтому необходимо глубокое понимание биохимических механизмов, регулирующих аппетит, поедание и переваривание питательных веществ в зависимости от возраста, физиологического состояния.

Потребление корма крупным рогатым скотом регулируется нейрогуморальными механизмами организма, физико-химическими свойствами корма и модулируется физиологическим состоянием животного. Исследования в данной области еще недостаточно изучены.

Lawrence P. с соавторами [9, 15, 20] в своем обзоре отразили проблемы и перспективы использования в селекции показателя RFI, наиболее репрезентативные и изученные биологические процессы, которые, предположительно, связаны с эффективностью корма, такие как пищевое поведение, пищеварение и выработка метана, структура и функционирование микробиома рубца, энергетический обмен во всем организме и на клеточном уровне, оборот белка, гормональная регуляция и состав тела. Например, установленная взаимосвязь между перевариванием рубца и эффективностью корма доказывает, что существуют индивидуальные различия в микробиоме в популяции крупного рогатого скота при кормлении животных одним и тем же рационом при одинаковых условиях содержания. Так, у бычков, выращиваемых на мясо, были выявлены бактериальные флотипы (*Succinivibrio* sp., *Eubacterium* sp. и *Robinsoniella* sp.), которые потенциально связаны с RFI, стратегии вмешательства по подавлению

"ненужной микробной активности рубца" (обогащенные функции у неэффективных животных) могут привести к повышению эффективности корма. Однако, необходимы дополнительные исследования, показывающие как эти изменения микрофлоры будут влиять на состояние здоровья. Новые полученные знания предполагают, что метаболические функции, лежащие в основе генетических различий в эффективности кормов (обмен белка, липидный обмен, иммунитет), могут быть связаны с другими важными чертами. Так, во время роста при интенсивном наращивании белковой массы животные тратят большое количество энергии, расходуемое при белковом обмене. Теоретически бычки с низким показателем RFI должны иметь более тощие туши, возможно существуют механизмы, способствующие снижению энергетических затрат на синтез белка, что подчеркивает важность понимания биологической основы хозяйственно-полезных признаков животных для лучшего определения будущих сбалансированных программ разведения. Требуется гораздо больше исследований по эффективности кормов для того что бы избежать нежелательных отклонений.

По мнению Lawrence P. и его [15] коллег, отбор эффективных животных может привести к генетическим изменениям в росте, снижению потребления корма, толщине подкожного жира, задержке половой зрелости, а также к получению постного мяса и снижению выносливости животных.

Fitzsimons C. с соавторами [9] пришли к выводу, что дальнейшее исследование эндокринных функций, экспрессии генов и белков в таких тканях, как гипоталамус, может улучшить наше понимание различий в эффективности корма.

Физиологические детерминанты эффективности кормов или предполагаемые биомаркеры могут быть использованы в качестве экономически эффективного и быстрого инструмента для генетического отбора или принятия управленческих решений. Включение этих признаков или их предполагаемых биомаркеров в индекс отбора позволит избежать этих потенциальных негативных последствий, чтобы привести к желаемому повышению эффективности и другим важным экономическим характеристикам.

При оценке потенциальной экономической выгоды от отбора для RFI основное внимание следует уделять всем фазам производственного цикла, а не только фазе выращивания животных.

Большая часть исследований, касающихся RFI, была проведена с использованием готовых кормов, поскольку их легче доставлять и фиксировать RFI. Потребление корма на пастбище, по понятным причинам, измерить сложнее. Большинство производителей недооценивают истинную значимость пастбищ, несмотря на то, что подавляющее большинство систем мясного скотоводства во всем мире в значительной степени основано именно на выпасе скота на пастбищах, ведь очевидно, что при пастбищном содержании состав травостоя весьма разнообразен. В большинстве исследований RFI оценивался на животных заключительной стадии выращивания, использующих энергонасыщенные рационы кормления. Отсутствует точное индивидуальное измерение потребления животных корма на пастбищах. Необходимо разработать методы для такого измерения [18].

Для идентификации животных по RFI необходимы внушительные затраты, поскольку помимо основных затрат требуется длительный период, необходимый для того, чтобы инвестиции в технологию повышения эффективности кормления принесли экономическую выгоду. Оценку рентабельности Arthur J. P. F. и его коллеги (2008) проводили исходя из того, что бык, генетически превосходящий по RFI, принесет дохода на 153 австралийских доллара больше по сравнению со стандартным быком, который не тестирован по RFI.

В своем обзоре Berry D. P. и Crowley J. J. [2] указали, что требуется дополнительная информация о таких факторах, как взаимодействие генотипа и окружающей среды, поэтому в настоящее время внимание нацелено на решение проблемы аддитивного генетического повышения эффективности содержания мясного скота и изучение особенностей пород.

Основным ингибитором принятия RFI в качестве основного селекционно-генетического показателя оценки скота остается стоимость и техническая сложность измерения этого признака. На практике сложно осуществлять оценку потребления корма ввиду высокой стоимости измерений, поэтому необходима разработка более дешевых прямых или косвенных показателей потребления и эффективности корма. Это делает RFI главным кандидатом на маркерный отбор, поскольку признак умеренно наследуем и ДНК или другие прогностические маркеры могут быть использованы в схемах отбора [14]. Хотя в нескольких исследованиях было описано множество маркеров, ни один основной ген, влияющий на RFI, не был обнаружен. Однако комбинация генетических маркеров при совместном исследовании может объяснить значительную часть генетической изменчивости. До полного принятия маркеров для генетической оценки и осуществления маркерного отбора остаются два основных препятствия. Во-первых, генетическое взаимодействие генов, влияющих на RFI, с другими признаками пока еще не до конца изучено. Во - вторых, количество животных с высокими качественными оценками RFI остается небольшим. Однако нынешние события свидетельствуют о том, что эти проблемы вскоре будут преодолены.

В программах селекционного улучшения крупного рогатого скота целесообразно использовать систему оценки животных с учетом генетических маркеров, коррелирующих с показателями продуктивности оцениваемых животных. Понимание взаимосвязи RFI с профилями экспрессии генов крупного рогатого скота потенциально может привести к выявлению механизмов, лежащих в основе этого признака, которые в последующем будут использованы при конструировании биомаркеров для идентификации наиболее эффективных животных [3].

Исследования по поиску генных маркеров RFI у мясного скота активизировались в последние пять лет. Исследовательский центр в Австралии, университеты Канады занимаются поиском геномных маркеров и установлением взаимосвязей между потреблением корма и генотипом животных. Признается сложность физиологических механизмов, лежащих в основе вариации RFI, необходимость набора генных маркеров.

В настоящее время разработаны различные методы для улучшения кормовой эффективности мясного скота: например, американская ассоциация «Angus» для создания генетического прогноза использует различные молекулярные и фенотипические данные, публикует сведения, так называемый EPD RADG, описывающий различия в ожидаемом приросте живой массы животных после отъема при определенном уровне потребления корма. Ряд других организаций, занимающиеся такими породами, как симментальская, гелбви, герефорд и лимузен, имеют специальные программы разведения, используемые в работе, в которые включают данные индивидуальных записей о потреблении корма животными и соответствующая эффективность их приростов. Крупный проект интегрированных исследований и распространения знаний финансируется Министерством сельского хозяйства США. Он ориентирован на генетическое улучшение кормовой эффективности мясного скота. Американская ассоциация «Ангус» и Американская ассоциация «Красный Ангус» используют индексы отбора, которые описывают различия в потребностях в энергии.

Выводы. В настоящее время на международном уровне продолжают испытания и сбор данных по результатам совместных исследовательских проектов, посвященных эффективности использования кормов и остаточному потреблению кормов.

Уже сейчас породные ассоциации включают данный показатель в характеристики быков, размещенных в каталогах для продажи.

Введение производителей с известным значением RFI является важным шагом в направлении повышения эффективности кормления скота. В результате постоянного совершенствования технологий оценка эффективности кормления со временем будет улучшаться, поэтому улучшится и способность обнаруживать эффективных животных, превосходящих по этому признаку.

С целью снижения затрат и повышения точности идентификации животных с продуктивными генетическими характеристиками необходимо разработать единые правила (руководство, указания), которые будут включать принципы и методы сбора данных, технику измерения RFI с одновременным включением EPD и других параметров отбора, в том числе молекулярно-генетических маркеров.

Библиографический список

1. Association of residual feed intake with growth and slaughtering performance, blood metabolism, and body composition in growing lambs / X. Zhang, W. Wang, F. Mo, Y. La, Ch. Li, F. Li // *Biology, Medicine*. 2017. No 7 (1). 12681.
2. Berry D. P., Crowley J. J. Symposium on cell biology: genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle // *Journal of Animal Science*. 2013. № 91. P.1594–1613.
3. Connor E. E. Invited Review: Improving Feeding Efficiency in Dairy Production: Challenges and Opportunities // *Journal Animal*. 2015. № 9. P. 395–408.
4. Cruzen S. M. Characterization of the skeletal muscle calpain/calpastatin system in growth models in swine and cattle. Graduate Theses and Dissertations // *Journal Animal Science*. 2013. P. 187.
5. Dzhulamanov K. M., Gerasimov N. P. Evaluation of the effectiveness of the use of feed by young Hereford breeds of different ecological and genetic groups // *Animal husbandry and feed production*. 2020. № 1. P. 134–140.
6. Fiems L. O. Double Muscling in Cattle: Genes, Husbandry, Carcasses and Meat//US National Library of Medicine // *Journal Animal*. 2012. № 2 (3). P. 472–506.
7. Growth performance, rumen fermentation, bacteria composition, and gene expressions involved in intracellular pH regulation of rumen epithelium in finishing Hu lambs differing in residual feed intake phenotype / Y. S. Liang [et al.] // *Journal Anim Sci*. 2017. № 95 (4). P.1727–1738.
8. Kenny D. A., Fitzsimons C., Waters S. M. Invited review: Improving feed efficiency of beef cattle - the current state of the art and future challenges // *Journal Animal*. 2018. № 12. P.1815–1826.
9. Molecular physiology of feed efficiency in beef cattle / C. Fitzsimons [et al.] // *Book Biology of Domestic Animals*. 2017. P. 120–163.
10. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers / F. Mao, L. Chen, M. Vinsky, E. Okine, Z. Wang, J. Basarab, D. H. Crews, C. Li // *Journal of Animal Science*. 2013. № 91. P. 2067–2076.
11. Reducing GHG emissions through genetic improvement in feed efficiency: impact on economically important traits and intestinal methane production / J. A. Basarab [et al.] // *Animal*. 2013. № 7. P. 303–315.
12. Relationship between the rumen microbiome and residual feed intake-efficiency of Brahman bulls stocked on bermudagrass pastures / J. C. McCann [et al.] // *PLoS One*. 2014. № 9 (3). 91864.
13. Residual feed intake in beef cattle and its association with carcass traits, ruminal solid-fraction bacteria, and epithelium gene expression / A. A. Elolimy, M. K. Abdelmegeid, J. C. McCann [et al.] // *Animal Sci Biotechnol*. 2018. № 67. P. 9.
14. Review: divergent selection for residual feed intake in the growing pig / H. Gilbert, Y. Bilton, L. Brossard [et al.] // *Journal Animal*. 2017. P. 1427–1439.

15. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle / P. Lawrence, D. A. Kenny, B. Earley, D. H. Crews // *Journal Animal*. 2018. V. 12. P. 321–335.

16. Savietto D., Berry D. P., Friggens N. C. Towards an improved estimation of the biological components of residual feed intake in growing cattle // *Journal of Animal Science*. 2014. № 92. P. 467–476.

17. Selionova M. I., Plakhtyukova V. R. Polymorphism of the CAPN1 and GH genes and its relation-ship with the productivity of cattle of the Kazakh white-headed breed // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. No 132 (2). 2020 P. 10132.

18. Specific microbiome-dependent mechanisms underlie the energy harvest efficiency of ruminants / S. K. Shabat [et al.] // *Journal of Microbial Ecology*. 2016. № 10. P. 2958–2972.

19. Transcriptome profiling of the rumen epithelium of beef cattle differing in residual feed intake / R. S. Kong [et al.] // *BMC Genomics*. 2016. № 17. P. 592.

20. Yan L., Zhang B., Shen Z. Dietary modulation of the expression of genes involved in short-chain fatty acid absorption in the rumen epithelium is related to short-chain fatty acid concentration and pH in the rumen of goats // *Journal Dairy Sci*. 2014. № 97 (9). P. 68–75.

Информация об авторах

Усманова Елена Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150). ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0744-4603>. E-mail: elena_akademy@mail.ru

Зубоченко Денис Викторович, кандидат биологических наук, заместитель директора по производству и внедрению инновационных разработок, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150). ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>. E-mail: denis.zubochenko@mail.ru.

Остапчук Павел Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150). ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5156-9705>. E-mail: ostapchuk_p@niishk.ru

Кувва Татьяна Алексеевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (Россия, 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150). ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>. E-mail: green28t@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-34

THE PREVALENCE OF MYCOTOXINS IN THE KAGALNITSKY AND REMONTNENSKY DISTRICTS OF THE ROSTOV REGION, AS WELL AS THEIR EFFECT ON THE BODY OF LABORATORY ANIMALS

M. V. Gunko, E. A. Sazonova, A. S. Avramenko

«North-Caucasus Zonal Scientific Research Veterinary Institute» - Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Centre»

Received 18.09.2022

Submitted 02.12.2022

The research was carried out within the framework of the State Task of the Ministry of Education and Science on the topic: FNFZ-2022-0006 “To develop a system of comprehensive veterinary and sanitary measures for the prevention and treatment of biologically safe products. Development of new molecular genetics and immunological “tools” for laboratory diagnostics of parasitosis pathogens, monitoring of vector-borne parasitic diseases (dirofilariasis)

Abstract

Relevance. The article highlights the data of studies of the concentrations of mycotoxins in feed and their main effect on the body of laboratory animals (rabbits) when feeding them feed that obviously exceeds all the norms of the MDU for mycotoxins. The quality of animal feed is quite important for

the general condition of all body systems, especially for productive animals. **An object.** Studies have been conducted on feeding feeds with obviously exceeding the norms of MPC for mycotoxins on laboratory animals (rabbits). **Materials and methods.** For the study, we reviewed general statistical data on the occurrence of mycotoxicoses on farms in the Rostov region engaged in cattle breeding, as well as conducted our own studies on their clinical manifestation on laboratory animals (rabbits), in the amount of 25 animals divided into 5 groups of 4 experimental and 1 control, 5 animals in each group. The studies of the feed were carried out by the method of enzyme immunoassay (ELISA), developed by the staff of the Laboratory of Mycology at the Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Kononenko, Burkin, Eroshkin). The studies were carried out in accordance with GOSTR 52471-2005. **Results of the discussion.** The results of the study of feed from livestock farms of the Kagalniksky and Remontnensky districts of the Rostov region are presented. Also, the control of feeding feed to rabbits with overestimated indicators of mycotoxins in them and the manifestation of the main clinical signs.

Key words: *mycotoxicoses, toxins, rabbits, clinical signs, aspergillus toxins, fusarium toxins, penicillic toxins.*

Citation. Gunko M. V., Sazonova E. A., Avramenko A. S. The prevalence of mycotoxins in the kagalniksky and remontnensky districts of the rostov region, as well as their effect on the body of laboratory animals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 286-294 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-34.

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

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

УДК 619:632.4:636.028

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МИКОТОКСИНОВ В КАГАЛЬНИЦКОМ И РЕМОНТНЕНСКОМ РАЙОНАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ, А ТАКЖЕ ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

М. В. Гунько, младший научный сотрудник

Е. А. Сазонова, научный сотрудник

А. С. Авраменко, аспирант

*Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт –
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный
Ростовский аграрный научный центр», г. Новочеркасск*

Дата поступления в редакцию 18.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

**Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки по теме:
FNFZ-2022-0006 “Разработать систему комплексных ветеринарно-санитарных
мероприятий по профилактике и лечению биологически безопасной продукции.
Разработка новых молекулярно-генетических и иммунологических «инструментов»
лабораторной диагностики возбудителей паразитозов, мониторинг трансмиссивных
паразитарных болезней (дирофиляриоз)**

Актуальность. В статье освещены данные исследований концентраций микотоксинов в кормах и их основное влияние на организм лабораторных животных (кроликов) при скармлировании им корма, заведомо превышающего все нормы МДУ по микотоксинам. Качество скармливаемых кормов для животных имеет достаточно большое значение для общего состояния всех систем организма, особенно это касается продуктивных животных. **Объект.** Проведены исследования по скармливанию кормов с заведомо превышающими нормы ПДК по микотоксинам на лабораторных животных (кролики). **Материалы и методы.** Для исследования нами были рассмотрены общие статистические данные встречаемости микотоксикозов в хозяйствах

Ростовской области, занимающихся разведением крупного рогатого скота, а также проведены собственные исследования по их клиническому проявлению на лабораторных животных (кролики), в количестве 25 животных, поделенных на 5 групп: 4 опытные и 1 контрольная, по 5 животных в каждой группе. Исследования корма выполнялись методом иммуноферментного анализа (ИФА), разработанного сотрудниками лаборатории микологии ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Кононенко, Буркин, Ерошкин). Исследования проводили в соответствии с ГОСТ Р 52471-2005. **Результаты и обсуждение.** Представлены результаты исследования кормов из животноводческих хозяйств Кагальницкого и Ремонтненского районов Ростовской области, а также контроль скармливания кормов кроликам с завышенными показателями нахождения в них микотоксинов и проявления основных клинических признаков.

Ключевые слова: микотоксикозы, токсины, кролики, клинические признаки микотоксикозов, аспергилловые токсины, фузариевые токсины, пеницилловые токсины.

Цитирование. Гунько М. В., Сазонова Е. А., Авраменко А. С. Распространенность микотоксинов в Кагальницком и Ремонтненском районах Ростовской области, а также их влияние на организм лабораторных животных. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 286-294. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-34.

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 данный момент микотоксикозы и связанные с ними проблемы, возникающие в хозяйствах, далеко не редкость.

Микотоксикозы – это обширная группа неинфекционных заболеваний человека и животных, вызванных интоксикацией микотоксинами (токсинами микромицетов), которые проникли в организм различными путями (основной путь — алиментарный, то есть с продуктами питания) [3, 7]. Проявляются в острой и хронической формах. Как известно, для хорошего роста развития микромицетов необходима достаточная влажность – не ниже 10 %, и температурный режим от 25 до 35 °С [6, 10]. Если будет отсутствовать хотя бы один из этих факторов, то рост будет заторможен, либо в принципе невозможен. Однако некоторые микромицеты могут переносить низкие температуры, но при этом влажность должна оставаться не ниже 10 %. Так, виды *Aspergillus* продуцируют охратоксины в основном в теплых и влажных условиях, тогда как некоторые виды *Penicillium* могут вырабатывать эти же токсины уже при температуре 5 °С [12].

Трихотеценовый микотоксин Т-2, продуцируемый грибами рода *Fusarium*, при температуре 4-15 °С (оптимальная температура 8 °С), в то время как мицелий продуцирующих его грибов максимально развивается при температуре 20 °С [1, 4].

В данной статье мы рассмотрим распространение микотоксинов и их основное влияние на организм лабораторных животных (кроликов) при скармливании им корма, заведомо превышающего все нормы МДУ по микотоксинам [5].

Материалы и методы. Для исследования нами были рассмотрены общие статистические данные встречаемости микотоксикозов в хозяйствах Ростовской области, занимающихся разведением крупного рогатого скота, а также проведены собственные исследования по их клиническому проявлению на лабораторных животных (кролики), в количестве 25 животных, поделенных на 5 групп: 4 опытные и 1 контрольная, по 5 животных в каждой группе.

Исследования корма выполнялись методом иммуноферментного анализа (ИФА), разработанного сотрудниками лаборатории микологии ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Кононенко, Буркин, Ерошкин). Исследования проводили в соответствии с ГОСТ Р 52471-2005 [3].

В исследуемых кормах (ячмень, кукуруза, зерносмесь и пшеница) нами проводились определения:

1. трех аспергилловых токсинов (афлатоксин В1(АфВ1), стеригматоцистин (СТЕ), ократоксин А(ОА));
2. четырех фузариевых токсинов (Т-2 токсин(Т-2), фумонизин В1(ФУМ), зеараленон (ЗЕН), дезоксиниваленол (ДОН));
3. одного пенициллового токсина – цитринин (ЦИТ).

Результаты и обсуждение. На базе лаборатории инфекционной патологии СКЗ-НИВИ нами были исследованы 2 пробы ячменя, 2 пробы кукурузы, 2 пробы пшеницы, 2 пробы зерносмеси из Кагальницкого и Ремонтненского районов Ростовской области.

Таблица 1 – Показатели нахождения микотоксинов в исследованных кормах

Table 1 – Indicators of the presence of mycotoxins in the studied feeds

№ п/п	Корм / Food	Токсины / Toxins							
		T-2	AB1	Ster	ОА	ФУМ	ЗЕН	ДОН	ЦИТ
1	Ячмень (Barley)	6,151	0,792	0,00	4,666	2393,15	6,294	57,4	9,52
2	Ячмень (Barley)	3,50	0,65	3,9	1,7	3154,0	0,00	82,9	0,00
Средний показатель (Average indicator)		4,825	0,721	3,9	3,183	2773,5	6,294	70,15	9,52
3	Кукуруза (Corn)	0,975	0,997	0,00	2,564	3971,0	7,395	52,35	4,77
4	Кукуруза (Corn)	25,05	1,285	0,00	1,199	4774,96	6,151	62,94	0,00
Средний показатель (Average indicator)		13,01	1,141	0,00	1,881	4372,98	6,773	57,6	4,77
5	Пшеница (Wheat)	0,00	0,931	0,00	3,228	0,00	0,00	50	5,87
6	Пшеница (Wheat)	0,00	1,02	0,00	1,990	150,997	0,00	158,11	0,00
Средний показатель (Average indicator)		0,00	0,975	0,00	2,609	150,997	0,00	104,05	5,87
7	Зерносмесь (Grain mix)	>100	1,509	0,00	3,154	3154,78	12,851	1199,4	194,5
8	Зерносмесь (Grain mix)	2,00	0,6	0,00	0,00	362,2	5,50	181,5	39,7
Средний показатель (Average indicator)		51	1,05	0,00	3,154	1758,49	9,17	690,45	117,1
ПДК (мкг/кг) МРС (mcg/kg)									
КРС Откорм cattle fattening		100	2000	5000	2000	100	50	100	100
КРС дойные dairy cattle		100	2000	5000	1000	50	50	50	100

*  - в пределах ПДК;
 - превышение нормы.

Таким образом, из вышеприведенных данных таблицы мы видим превышение по двум фузариотоксинам (зеараленон, фумонизин В1) в преимущественном проценте по всем пробам. Также было превышение по 7 пробе зерносмеси по фузариотоксину Т-2 и Цитринину. По всем остальным токсинам пробы корма остались в пределах ПДК.

В ходе исследования лабораторным животным (кроликам), поделенным на 5 групп, по 5 животных в каждой группе, мы скармливали все пробы, заведомо превышающие нормы ПДК по крупному рогатому скоту. Скармливание корма, пораженного фузариотоксинами, продолжалось до появления клинических признаков микотоксикоза. В среднем скармливание пораженного корма для 5 групп животных заняло 1 неделю.

Каждой группе скармливалась зерносмесь с определенным микотоксином (Дезоксиниваленол (ДОН), фумонизин B1, Т-2 и цитринин), последней пятой группе была скормлена смесь из корма со всеми токсинами.

Таблица 2 – Распределение лабораторных животных по группам скармливаемого токсина n=25

Table 2 – Distribution of laboratory animals by groups of fed toxins n=25

Группа / Group	Вид скармливаемого токсина / The type of toxin being fed
I группа(опыт) / I group (experience)	Дезоксиниваленол (ДОН) / Deoxynivalenol (DON)
II группа(опыт) / II group (experience)	Фумонизин B1 / Fumonisin B1
III группа(опыт) / III group (experience)	Т-2
IV группа(опыт) / IV group (experience)	Цитринин / Citrinin
V группа (контроль) / V group (control)	Смесь токсинов / Mix of toxins

На протяжении всего эксперимента за всеми пятью группами лабораторных животных производился мониторинг их общего состояния, отбор крови для общего и биохимического исследования с дальнейшей фиксацией этих показателей в амбулаторных журналах проведения исследования. Снятие показателей производили 3 раза: до опыта, на 4 день опыта и по окончании скармливания токсинов (7 день опыта). В конце опыта у павших животных было проведено вскрытие для оценки влияния токсинов на органы и системы организма.

Проведением исследования общего состояния лабораторных животных на протяжении всего опыта было проведено по схеме:

1. клинические проявления микотоксикозов (симптомы);
2. общий клинические исследования (температура, пульс, дыхание);
3. взятие проб крови для общеклинического исследования крови;
4. патологоанатомическая оценка изменения внутренних органов павших животных в ходе проведенного опыта.

Данные, полученные при проведении исследования, позволили нам ориентироваться в ходе проведенного опыта, и понимать, насколько сдвинулись все показатели в ходе работы.

Таблица 3 – Общий клинический осмотр животных до проведения опыта n=25

Table 3 – General clinical examination of animals before the experiment n=25

№ п/п	Группы / Group	Температура / Temperature (C°)	Пульс / Pulse (уд/мин)	Количество дыхательных движений / Number of breathing movements (дых.дв. /мин)
1	Опытная группа I (Experimental Group I)	39,2±0,4	180±5	46±3
2	Опытная группа II (Experimental Group II)	38,9±0,3	200±2	38±4
3	Опытная группа III (Experimental Group III)	39,1±0,5	220	41±2
4	Опытная группа IV (Experimental Group IV)	38,7±0,1	190±5	33±5
5	Контрольная группа V (Control group V)	38,5±0,2	205±5	37±3

Таблица 4 – Общий клинический осмотр животных на 4 день опыта n=25

Table 4 – General clinical examination of animals on the 4th day of the experiment n=25

№ п/п	Группы / Group	Температура / Temperature (C°)	Пульс / Pulse (уд/мин)	Количество дыхательных движений / Number of breathing movements (дых.дв. /мин)
1	Опытная группа I (Experimental Group I)	39,8±0,2	205±5	77±2
2	Опытная группа II (Experimental Group II)	39,5±0,3	210±6	68±6
3	Опытная группа III (Experimental Group III)	39,1±0,5	215±3	65±4
4	Опытная группа IV (Experimental Group IV)	38,9±0,4	200±4	78±2
5	Контрольная группа V (Control group V)	38,9±0,9	230±3	90±5

Таблица 5 – Общий клинический осмотр животных по окончании скармливания корма, зараженного микотоксинами n=25

Table 5 – General clinical examination of animals at the end of feeding feed infected with mycotoxins n=25

№ п/п	Группы / Group	Температура / Temperature (C°)	Пульс / Pulse (уд/мин)	Количество дыхательных движений / Number of breathing movements (дых.дв. /мин)
1	Опытная группа I (Experimental Group I)	39,5±0,1	250±2	80±6
2	Опытная группа II (Experimental Group II)	39,4±0,5	249±5	78±5
3	Опытная группа III (Experimental Group III)	39,0±0,4	222±2	67±7
4	Опытная группа IV (Experimental Group IV)	39,0±0,2	245±3	70±4
5	Контрольная группа V (Control group V)	39,9±0,1	313±4	100±5

Из данных таблиц 3-5 мы можем наблюдать, что общее состояние животных по основным показателям начало изменяться уже на 4 день во всех опытных группах. По окончании скармливания кормов у всех групп наблюдали незначительное повышение температуры, учащение пульса и дыхания. Наибольшее изменение норм показателей ТПД наблюдалось в контрольной пятой группе, которой скармливалась смесь по кормам с микотоксинами.

Результаты проведения общего исследования крови. Взятие проб крови у всех пяти групп проводилось до начала проведения опыта, на 4 день опыта и по окончании скармливания кормов на 7 день (завершение опыта).

Отбор крови проводили из краевой ушной вены в области латерального края уха. Кролик нами был зафиксирован в естественном положении. На месте прокола нами, при помощи тупоконечных изогнутых ножниц, был выстрижен шерстный покров. Перед проколом нами была вызвана дополнительно артериальная гиперемия уха, при помощи растирания ушной раковины ксилолом – для улучшения притока крови. Место прокола мы обрабатывали 70% этиловым спиртом. Основание уха слегка прижимали пальцами левой руки, а правой делали надрез краевой вены лезвием скальпеля ближе к кончику уха. Выступающую кровь собирали в заранее подготовленные стерильные пробирки.

В ходе проведения общего исследования крови всех 5 групп исследуемых животных, были обнаружены изменения на 4 и 7 день (конец проведения опыта).

Таблица 6 – Результаты проведения исследования общего анализа крови до проведения опыта m=25

Table 6 – Results of the general blood test study before the experiment n=25

Показатель / Indicator	Группа / Group					Нормы / Norms
	Опытная группа I (Experimental group I)	Опытная группа II (Experimental group II)	Опытная группа III (Experimental group III)	Опытная группа IV (Experimental group IV)	Контрольная группа V (Control group V)	
Лейкоциты White blood cells, $10^9/\text{л}$	$7 \pm 1,7$	$5 \pm 0,9$	$10 \pm 1,0$	$9 \pm 1,8$	$5 \pm 0,9$	5-11
Эритроциты (Red blood cells), $10^{12}/\text{л}$	$5 \pm 0,5$	$6 \pm 0,6$	$7 \pm 0,8$	$5 \pm 0,4$	6 ± 1	5-8
Гемоглобин (Hemoglobin), г/л	$110 \pm 3,2$	$124 \pm 5,1$	$132 \pm 6,4$	$121 \pm 4,5$	$115 \pm 6,3$	80-150
СОЭ (ESR), мм/час	$1 \pm 0,06$	$2 \pm 0,02$	$1 \pm 0,04$	$2 \pm 0,08$	$2 \pm 0,05$	1-2

Таблица 7 – Результаты проведения исследования общего анализа крови на 4 день опыта n=25

Table 7 – Results of the study of the general blood test on the 4th day of the experiment n=25

Показатель / Indicator	Группа / Group					Нормы / Norms
	Опытная группа I (Experimental group I)	Опытная группа II (Experimental group II)	Опытная группа III (Experimental group III)	Опытная группа IV (Experimental group IV)	Контрольная группа V (Control group V)	
Лейкоциты (White blood cells), $10^9/\text{л}$	$12 \pm 1,6$	$11 \pm 1,0$	$10 \pm 0,7$	$13 \pm 1,3$	$15 \pm 1,2$	5-11
Эритроциты (Red blood cells), $10^{12}/\text{л}$	$4 \pm 0,2$	$5 \pm 0,1$	$3 \pm 0,6$	$6 \pm 0,4$	$4 \pm 0,5$	5-8
Гемоглобин (Hemoglobin), г/л	$100 \pm 1,4$	$98 \pm 3,5$	$102 \pm 3,5$	$110 \pm 2,3$	$95 \pm 2,4$	80-150
СОЭ (ESR), мм/час	$4 \pm 0,04$	$5 \pm 0,01$	$3 \pm 0,07$	$4 \pm 0,06$	$6 \pm 0,08$	1-2

Таблица 8 – Результаты проведения исследования общего анализа крови на 7 день опыта n=25

Table 8 – Results of the study of the general blood test on the 7th day of the experiment n=25

Показатель / Indicator	Группа / Group					Нормы / Norms
	Опытная группа I (Experimental group I)	Опытная группа II (Experimental group II)	Опытная группа III (Experimental group III)	Опытная группа IV (Experimental group IV)	Контрольная группа V (Control group V)	
Лейкоциты (White blood cells), $10^9/\text{л}$	$15 \pm 1,9$	$13 \pm 1,7$	$16 \pm 0,6$	$12 \pm 0,3$	$20 \pm 1,2$	5-11
Эритроциты (Red blood cells), $10^{12}/\text{л}$	$4 \pm 0,3$	$3 \pm 0,8$	$3 \pm 0,5$	$5 \pm 0,2$	$2 \pm 0,6$	5-8
Гемоглобин (Hemoglobin), г/л	$81 \pm 2,6$	$89 \pm 2,1$	$82 \pm 3,6$	$83 \pm 2,4$	$79 \pm 2,7$	80-150
СОЭ (ESR), мм/час	$5 \pm 0,02$	$4 \pm 0,01$	$3 \pm 0,08$	$5 \pm 0,02$	$8 \pm 0,04$	1-2

В контрольной 5 группе по окончании проведения опыта наблюдался значительный падеж, из 5 лабораторных животных пало 3, у остальных наблюдали по результатам общего анализа крови снижение гемоглобина на 53 % от верхней нормы, и количества эритроцитов – 25 %, повышение уровня белых кровяных телец (лейкоцитов) – почти на 50 % от верхнего порога нормы и повышение СОЭ – на 25 %.

В остальных 4-х группах также был падеж по одному животному из каждой опытной группы. Результаты анализа общего анализа крови также показали отклонения на четвертый и седьмой день проведения опыта. В среднем у опытных групп наблюдали примерно равные изменения показателей $\pm 1-10$ единиц разницы по всем показателям проведенного исследования общего анализа крови. Наблюдали снижение уровня гемоглобина и общего числа эритроцитов и повышение уровней лейкоцитов и СОЭ.

Результаты проведения вскрытия павших животных. Нами было проведено вскрытие павших лабораторных животных во всех исследуемых группах для определения посмертных изменений в органах и системах органов для выявления последствий скормливания кормов, зараженных микотоксинами.

При проведении патологоанатомического анализа павших кроликов из первой, второй, третьей и четвертой опытных групп, в которых скормливалась зерносмесь с превышением нормы по дезоксиниваленолу (ДОН), Фумонизину В1, Т-2 и Цитринину, мы наблюдали поражение печени (зернистая жировая дистрофия), точечные кровоизлияния в тонком и толстом кишечнике, атрофические явления мышечного слоя в желудке и кишечнике, уменьшение яичников на 5-10 мм от нормы.

При вскрытии павших кроликов из пятой контрольной группы, которым скормливалась смесь корма с этими четырьмя микотоксинами, мы наблюдали увеличение подколенного, окологлоточных, паховых и брыжеечных лимфоузлов, участки некроза в печени, почках, на слизистой и мышечной оболочках тонкого и толстого кишечника, атрофию яичников у женских особей и семенников у мужских, гиперемия и отечность носовых ходов и глотки, а также участки аллопеции в области головы и шеи.

Выводы. По результатам проведенного исследования по распространенности микотоксинов в кормах, предназначенных для сельскохозяйственных животных, было установлено, что чаще всего в Кагальницком и Ремонтненском районах Ростовской области встречаются фузариотоксины (зеараленон, фумонизин В1 и Т-2) в преимущественном проценте по всем пробам. Также было превышение по 7 пробе зерносмеси по пеницилловому токсину Цитринину. В ходе проведения опыта на лабораторных животных (кролики), мы установили, что скормливание кормов зараженными микотоксинами приводит к необратимым последствиям для работы органов пищеварения, мочеотделения и снижает репродуктивную функцию у животных вплоть до полной её потери. При скормливании корма, зараженного несколькими токсинами, мы наблюдали в контрольной 5 группе по окончании проведения опыта значительный падеж, из 5 лабораторных животных пало 3, у остальных наблюдали по результатам общего анализа крови снижение гемоглобина на 53 % от верхней нормы и количества эритроцитов – на 25 %, повышение уровня белых кровяных телец (лейкоцитов) – почти на 50 % от верхнего порога нормы и повышение СОЭ – на 25 %. Падеж также наблюдался и в остальных четырех группах, по 1 животному из каждой группы.

Библиографический список

1. Брылина В., Брылина М. Микотоксикозы: стратегии эффективной борьбы // Свиноводство. 2021. № 4. С. 28-31.
2. Герунова Л. К., Герунов В. И., Корнейчук Д. В. Профилактика микотоксикозов в животноводстве // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 36-43. <https://e.lanbook.com/journal/issue/308859>.
3. Гунько М. В., Авраменко А. С. Анализ статистических данных распространенности микотоксикозов и их клинические проявления у различных видов сельскохозяйственных животных на животноводческих хозяйствах по Ростовской области // Ветеринария Северного Кавказа. 2022. № S5. С. 90-100.
4. Кондакова И. А. микроскопические грибы и их метаболиты - угроза здоровью животных и человека // Молочнохозяйственный Вестник. 2020. № 1. С. 46-59. <https://e.lanbook.com/journal/issue/312772>.

5. Микотоксины и новые технологии обработки почвы / Ю. Д. Дробин, Н. А. Солдатенко, Л. Н. Фетисов, Е. А. Бокун // Успехи медицинской микологии. 2017. Т. 17. С. 419-421.
6. Наличие микотоксинов в органах молодняка животных и птиц при употреблении в пищу кормов, загрязненных микотоксинами / Н. А. Солдатенко, Ю. Д. Дарин, Е. А. Боку [и др.] // Известия Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 88. С. 141-147.
7. Панковец Е. М., Лях А. Л. Использование иммуноферментного анализа для определения концентрации микотоксинов в органах, тканях и биологических жидкостях: обзор // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 4. С. 49-53. <https://e.lanbook.com/journal/issue/313651>.
8. Пестициды и микотоксины как источники угрозы безопасности пищевых продуктов / К. А. Табанохов, П. Н. Мирошников, В. А. Скрыбин, К. В. Жучаев // Инновации и продовольственная безопасность. 2020. № 2. С. 28-34. <https://e.lanbook.com/journal/issue/315002>.
9. Профилактика микотоксикозов кроликов / И. В. Петрова, А. Н. Семикрасова, К. В. Жилина, А. М. Амелина // Успехи медицинской микологии. 2019. Т. 20. С. 717-720.
10. Распространение основных микотоксинов в кормовом сырье и их характеристика / Е. И. Симонова, К. М. Кондрашкина, Е. О. Рысцова, М. В. Большакова // Бюллетень науки и практики. 2020. № 1. С. 168-177. <https://e.lanbook.com/journal/issue/312235>.
11. Смирнова Л. А. Ветеринарная токсикология. М.: Юрайт, 2020. С. 236-241.
12. Krska R. Introduction to the mycotoxin issue // Mycotoxin Summer Academy – IFA Tulln. 2016.

Информация об авторах

Гунько М. В., младший научный сотрудник творческого коллектива по изучению инфекционных патологий животных Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского ветеринарного института — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (СКЗНИВИ — филиал ФГБНУ ФРАНЦ), (РФ, 346421 ул. Ростовское шоссе 0, г. Новочеркасск Ростовская область), тел. 8-904-503-48-82. e-mail: gunkomasha1995@gmail.com

Сазонова Е. А., научный сотрудник творческого коллектива по изучению инфекционных патологий животных Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского ветеринарного института — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (СКЗНИВИ — филиал ФГБНУ ФРАНЦ), (РФ, 346421 ул. Ростовское шоссе 0, г. Новочеркасск Ростовская область), тел. 8-951-495-87-81 e-mail: yek.sazonowa2013@yandex.ru

Авраменко А.С., аспирант по научной специальности 4.2.3 Инфекционные болезни и иммунология животных Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского ветеринарного института — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (СКЗНИВИ — филиал ФГБНУ ФРАНЦ), (РФ, 346421 ул. Ростовское шоссе 0, г. Новочеркасск Ростовская область), тел. 8-952-605-70-16 e-mail:111 avram111@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-35

THE INFLUENCE OF THE LEVEL OF HOMOZYGOSTITY FOR STR-MARKERS OF HOLSTEEN SIRES ON THE INDICATORS OF INHERITANCE OF THE BODY TYPE OF THEIR DAUGHTERS ON THE BASIS OF LINEAR ASSESSMENT

I. S. Nedashkovsky, A. F. Konte, V. V. Volkova, A. A. Sermyagin

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

Received 04.10.2022

Submitted 02.12.2022

The studies were carried out of the Government task of Ministry of Education and Science of Russian Federation Г3 0445-2021-0016

Summary

The article presents the results of the influence of the level of homozygosity calculated according to STR-markers on the indicators of assessments of the body type, as well as the coefficients of inheritance. Controlling the level of inbreeding, as a precursor to an increase in the level of homozygosity, is the basis for conducting breeding work at the individual and population levels. STR - markers have not lost their relevance, and can be used for these purposes.

Abstract

Introduction. A study was conducted aimed at studying the effect of the level of homozygosity calculated by STR markers. The level of homozygosity of 340 bulls-producers of Black-and-White and Holstein cattle of the Moscow region was used, which was later assigned to their daughters. **An object** The indicators of the exterior of 39749 first-calf heifer daughters of the studied bulls participating in the breeding network of the region were used. **Materials and methods.** The entire array of data was ranked into groups, so the first group included heterozygous individuals $Ca=0\%$, the second individuals with $Ca=8-50\%$, the third with $Ca=55-77\%$, the comparison group consisted of individuals with $Ca=8-77\%$, which is an average of 28.74% for the sample. The evaluation of articles was carried out according to two systems: the "A" system, which includes a 100-point rating, and the "B" system, which has a nine-point rating. **Results and conclusion.** The results of the indicators of the linear assessment of the exterior, according to the "A" system, demonstrate an inverse relationship to the decrease in the values of the angularity from 81.6 b. (point) in the first group up to 80.6 b. in the third, body depth from 81.7 b. up to 80.7 b., legs and feet from 79.76 b. to 79.04 b., mammary and stature with an increase in the level of homozygosity, respectively, 81.32-80.45 b., 143.3-142.8 cm. According to the "B" system, the height in points decreased from 5.901 b. in the first up to 5.763 b. in the third group, body depth from 6.513 b. up to 6.349 p., rump angle from 4.817 p. up to 4.759 b., rump width from 5.497 b. to 5.418 p., foot angle from 5.087 p. up to 4.994 b., rear udder height from 6.712 b. up to 6.439 b., udder depth from 6.521 b. up to 6.353 b., teat length from 4.974 b. to 4.879 b., chest width from 5.573 b. up to 5.492 b. and angularity with 6.357 b. up to 6.162 b. Direct correlations were also observed for such indicators as: rear legs set, 4.825-4.98 p., front teat placement, 4.514-4.704 p. An increase in heritability coefficients was noted for such indicators as: stature 0.21-0.338 b., body depth 0.075-0.214 b., rump angle 0.079-0.103 b., rump width 0.012-0.114 b., fore udder attachment 0.061-0.119 and angularity for systems "A" 0.445-0.637 b. and "B" 0.038-0.211 b. respectively.

Key words: holstein breed, sire, homozygosity, assessment of body type, exterior characteristics, inbreeding, heritability.

Citation. Nedashkovsky I. S., Konte A. F., Volkova V. V., Sermyagin A. A. The influence of the level of homozygosity for STR-markers of Holstein sires on the indicators of inheritance of the body type of their daughters on the basis of linear assessment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 294-302 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-35.

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

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

УДК 636.2.082.12:575.113.2:636.234.1

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГОМОЗИГОТНОСТИ ПО STR-МАРКЕРАМ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАСЛЕДОВАНИЯ ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ ИХ ДОЧЕРЕЙ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОЙ ОЦЕНКИ

И. С. Недашковский, младший научный сотрудник

А. Ф. Контэ, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

В. В. Волкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

А. А. Сермягин, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста,
Московская область, Городской округ Подольск, п. Дубровицы

Дата поступления в редакцию 04.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

**Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки России ГЗ
0445-2021-0016.**

Актуальность. Проведено исследование, направленное на изучение влияния уровня гомозиготности, рассчитанное по STR-маркерам. Использован уровень гомозиготности 340 быков-производителей черно-пестрого и голштинского скота Московской области, впоследствии

присвоенный их дочерям. **Объект.** Задействованы показатели экстерьера 39749 дочерей-первотелок исследуемых быков, участвующих в случной сети региона. **Материалы и методы.** Весь массив данных ранжировался на группы, так, в первую группу вошли гетерозиготные особи $Ca=0\%$, во вторую – особи с $Ca=8-50\%$, в третью – с $Ca=55-77\%$, группу сравнения составляли особи, имеющие $Ca=8-77\%$, что в среднем по выборке – $28,74\%$. Оценка статей проводилась по двум системам: системе «А», включающей стобалльную оценку, и системе «Б», имеющей девятибалльный номинал. **Результаты и выводы.** Результаты показателей линейной оценки экстерьера, по системе «А», демонстрируют обратную зависимость на снижение значений молочного типа с 81.6 б. (балл) в первой группе до 80.6 б. в третьей, туловища с 81.7 б. до 80.7 б., конечностей с 79.76 б. до 79.04 б., вымени и роста по мере увеличения уровня гомозиготности соответственно 81.32-80.45 б., 143.3-142.8 см. По системе «Б», высота в баллах снижалась с 5.901 б. в первой до 5.763 б. в третьей группах, глубина туловища с 6.513 б. до 6.349 б., положение зада с 4.817 б. до 4.759 б., ширина зада с 5.497 б. до 5.418 б., высота пятки с 5.087 б. до 4.994 б., высота задних долей вымени с 6.712 б. до 6.439 б., глубина вымени с 6.521 б. до 6.353 б., длина сосков с 4.974 б. до 4.879 б., крепость с 5.573 б. до 5.492 б. и молочный тип с 6.357 б. до 6.162 б. Также наблюдались и прямые зависимости по таким показателям, как угол задних ног вид сбоку 4.825-4.98 б., расположение передних сосков 4.514-4.704 б. Отмечено увеличение коэффициентов наследуемости по таким показателям, как высота 0.21-0.338 б., глубина туловища 0.075-0.214 б., положение зада 0.079-0.103 б., ширина зада 0.012-0.114 б., прикрепление передних долей 0.061-0.119, молочному типу по системам «А» 0.445-0.637 б. и «Б» 0.038-0.211 б. соответственно.

Ключевые слова: голштинская порода скота, быки-производители, оценка типов телосложения коров, стати экстерьера коров, гомозиготность, инбридинг, наследуемость.

Цитирование. Недашковский И. С., Контэ А. Ф., Волкова В. В., Сермягин А. А. Влияние уровня гомозиготности по STR-маркерам быков-производителей голштинской породы на показатели наследования типа телосложения их дочерей на основе линейной оценки. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 294-302. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-35.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Накопление уровня гомозиготности, как следствие инбридинга, является «острой» проблемой, в современных условиях ведения интенсивного животноводства. Сокращение численности основных линий родоначальников, коммерческая ориентированность на лидеров популяции сподвигает проводить контроль родства при подборе с более высокой точностью, чем вероятностные расчеты по данным родословного учета [2, 5, 8]. Использование STR-маркеров, рекомендованных FAO (Food and agriculture organization) и ISAG (International Society for Animal Genetics), для проведения популяционно-генетических исследований и определения чистопородности крупного рогатого скота, в частности, считается возможным для этих целей [6].

Обычно степень инбридинга оценивают с использованием коэффициента Райта, когда данные родословной доступны. Однако среднее значение этих чисел не может характеризовать ситуацию инбридинга популяции, потому что, возможно, что не все рожденные животные имеют общего предка. Поэтому при использовании коэффициента Райта для характеристики инбридинга популяции нужно учесть число общих предков, на которых инбридинг сделан. Наиболее объективным и информативным критерием оценки генетического разнообразия в популяциях считается наличие аллельных вариантов в полиморфных системах группы крови, белков, ферментов молока, яиц и других систем [7].

В наших последних исследованиях, ориентированных на изучение влияния инбридинга на показатели экстерьера, системы оценки «А» (4 признака) и «Б» (17 признаков) демонстрируют, что животные 2-й группы характеризуются меньшей высотой в крестце по сравнению с 3-й и 4-й ($p \leq 0,001$) и 1-й группами и менее глубоким туловищем и крепким телосложением ($p \leq 0,001$) [3].

Научная новизна исследования, несмотря на стандартный метод оценки типа телосложения молочного скота, на первый взгляд имеет значительный потенциал, при использовании в расчетах геномной информации. Впервые в России были изучены селекционно-генетические параметры показателей экстерьера коров в разрезе граций по влиянию уровня гомозиготности быков-отцов, ранжированных на группы для наиболее лучшей визуализации.

Целью нашего исследования было изучение взаимосвязи признаков типа телосложения дочерей голштинских быков-производителей, используемых в хозяйствах Московской области, с уровнем гомозиготности последних, рассчитанным по STR-маркерам.

Материалы и методы. Использован уровень гомозиготности 340 быков-производителей черно-пестрого и голштинского скота Московской области.

Выделение геномной ДНК проводили из спермы быков с помощью колонок Nexttec (Nexttec Biotechnologie GmbH, Германия) в соответствии с рекомендациями производителя. В качестве ДНК-маркеров использовалась мультиплексная панель из 12 микросателлитных локусов: *TGLA227*, *BM2113*, *TGLA53*, *ETH10*, *SPS115*, *TGLA122*, *INRA23*, *TGLA126*, *BM1818*, *ETH3*, *ETH225*, *BM1824*. Продукты амплификации для их последующей детекции подвергались анализу на капиллярном генетическом анализаторе ABI 3130xl Genetic Analyzer («Applied Biosystems», «Life technologies», США). Информация о длине аллелей по исходным данным получена в программе Gene Mapper v.4 («Applied Biosystems», «Life technologies», США). Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы GenAlEx 6.50 [7]. Непосредственный расчет индивидуальной гомозиготности производили как отношение количества гомозиготных локусов к общему количеству анализируемых локусов, причем использовали локусы с полными данными. Локусы, в которых значились нулевые аллели 0/0, не принимались в расчет при отношении к количеству гомозиготных вариантов.

Задействованы показатели экстерьера 39749 дочерей-первотелок исследуемых быков, участвующих в случной сети региона. Весь массив данных ранжировался на группы, которые обусловлены поиском наиболее оптимального уровня оценки влияния уровня гомозиготности на показатели экстерьера и удобны для дальнейшей визуализации при проведении анализа. Так, в первую группу вошли гетерозиготные особи $Ca=0\%$, во вторую особи с $Ca=8-50\%$, в третью с $Ca=55-77\%$, группу сравнения составляли особи имеющие $Ca=8-77\%$, что в среднем по выборке $28,74\%$. Группа сравнения создана для оценки гетерозиготных и гомозиготных животных имеющих любой уровень Ca , кроме 0% . Оценка статей проводилась по двум системам: системе «А», включающей стобалльную оценку, и системе «Б», имеющей девятибалльный номинал. Основной упор ставился на различие в группах между дочерями аутбредных быков с группой инбредных животных посредством расчета среднего коэффициента инбридинга по исследуемой части выборки. Регрессионный анализ и описательную статистику с достоверностью разности между исследуемыми группами по Стьюденту проводили в Statistica v.10.

Использованы данные по линейной оценке экстерьерного профиля исследуемой популяции животных, проведенной в соответствии с методикой НП «Мосплеминформ» [1].

Значения генетических коварианс и вариант признаков экстерьера получены на основе применения уравнения смешанной модели (2) с использованием программной оболочки *REMLF90* [9]:

$$Y_{psk} = \mu + HYS_n + B_1 YFL_m + B_2 DAL_m + B_3 Ca_m + Sire_l + e_{psk}, \quad (2)$$

где Y_{psk} – анализируемый показатель оценки телосложения n -ой коровы первого отела; μ – популяционная константа; $B_{1,2,3}$ – коэффициенты линейной регрессии; DAL – день лактации k -ой первотелки на момент оценки; HYS_n – установленный эффект n -го стада, год и сезон отела; Ca – уровень гомозиготности рассчитанный по 12 *STR*-маркерам; YFL – возраст первого отела m -ой коровы; e_{psk} – эффект неучитываемых факторов; $Sire_l$ – произвольный эффект l -го отца-быка [4].

Генетические (r_{gtype}) и фенотипические корреляции оценивали согласно расчету уравнения смешанной модели, включающей все связанные между собой признаки в анализе (Model Multiple Traits).

Методом итерационного схождения (метод Гаусса-Зейделя) нами получены несмещенные линейные оценки коварианс и вариант [11].

Коэффициент наследуемости получен согласно уравнению (3):

$$h^2 = (4 \times \sigma_{gtype}^2) / (\sigma_{gtype}^2 + \sigma_{phetype}^2) \quad (3)$$

где σ_{gtype}^2 – вариация генетическая; $\sigma_{phetype}^2$ – вариация фенотипическая.

Расчет допустимой ошибки коэффициента наследуемости (h^2) осуществлен по формуле (4):

$$S_{h^2} = \sqrt{(32 \times h^2) / (n_a \times M)} \quad (4)$$

где n_a – число быков; M – среднее число дочерей на быка.

Вычисление приблизительной ошибки коэффициента генетической корреляции (S_{rgtype}) произведено на основе формулы (5):

$$S_r = \sqrt{((1 - r_{ab}) / 2h_a^2 \times h_b^2) \times Sh_a^2 \times Sh_b^2} \quad (5)$$

где r_{ab} – генетическая корреляция между признаками a и b ; h_1^2 – коэффициент наследуемости первого признака; h_2^2 – второго признака; Sh_b^2 – ошибка n -ой наследуемости первого признака; Sh_2^2 – ошибка k -та наследуемости второго признака [9].

Результаты и обсуждение. Результаты показателей линейной оценки экстерьера, по системе «А», представленные в таблице 1, демонстрируют обратную зависимость на снижение значений молочного типа с 81.6 б. (балл) в первой группе до 80.6 б. в третьей, туловища с 81.7 б. до 80.7 б., конечностей с 79.76 б. до 79.04 б., вымени и роста по мере увеличения уровня гомозиготности соответственно 81.32-80.45 б., 143.3-142.8 см. Наблюдались достоверные различия между группами с полностью гетерозиготными особями (I группа) и животными имеющими любой уровень гомозиготности кроме 0% ($\overline{Ca}$) по показателям молочного типа, туловища, конечностей, вымени и высоты ($p < 0.001$).

По системе «Б», в таблице 2, наблюдаются схожие закономерности. Так, высота в баллах снижалась с 5.901 б. в первой до 5.763 б. в третьей группах, глубина туловища с 6.513 б. до 6.349 б., положение зада с 4.817 б. до 4.759 б., ширина зада с 5.497 б. до 5.418 б., высота пятки с 5.087 б. до 4.994 б., высота задних долей вымени с 6.712 б. до 6.439 б., глубина вымени с 6.521 б. до 6.353 б., длина сосков с 4.974 б. до 4.879 б., крепость с 5.573 б. до 5.492 б. и молочный тип с 6.357 б. до 6.162 б. Также наблюдались и прямые зависимости по таким показателям, как угол задних ног вид сбоку 4.825-4.98 б.,

расположение передних сосков 4.514-4.704 б. Группа сравнения ($\overline{Ca}$) имела достоверные отличия по показателям глубины туловища ($p<0.001$), ширины зада ($p<0.05$), угла задних ног вид сбоку ($p<0.05$), глубины вымени ($p<0.01$), крепости ($p<0.05$).

Таблица 1 – Показатели линейной оценки экстерьера коров-дочерей в зависимости от уровня гомозиготности быков-отцов (система «А»)

Table 1 – Indicators of linear assessment of the conformation of cows-daughters depending on the level of homozygosity of bulls-fathers (system "A")

Группа Ca / Group Ca	Возраст отела / calv age	Возраст ОТТ / age of of linear assessment	Молоч- ный тип / Angularity	Тулови- ще / Body depth	Конечно- сти / Legs and feet	Вымя / Mammary	Высота(см) / Stature
I) Ca 0% (n=1137)	27.45± 0.12	83.09± 1.11	81.69± 0.05	81.75± 0.05	79.76± 0.06	81.32± 0.05	143.40± 0.12
II) Ca 8- 50% (n=37316)	27.84± 0.03**	82.99± 0.19	81.34± 0.01***	81.37± 0.01***	79.46± 0.01***	81.04± 0.01***	143.18± 0.02
III) Ca 55- 77% (n=1296)	27.51± 0.12	80.98± 1.03	80.64± 0.08***/**	80.71± 0.08***/**	79.04± 0.07***/**	80.45± 0.07***/**	142.80± 0.14**/**
$\overline{Ca}$ 28.74% (n=38612)	27.83± 0.03**	82.92± 0.19	81.32± 0.01***	81.34± 0.01***	79.45± 0.01***	81.02± 0.01***	143.17± 0.02

* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$; н.д. - недостоверно;

Ca – индивидуальный уровень гомозиготности, основанный на информации по 12 STR-маркерам; * – достоверное различие между показателями II и III.

Таблица 2 – Показатели линейной оценки экстерьера коров-дочерей в зависимости от уровня гомозиготности быков-отцов (система «Б»)

Table 2 – Indicators of linear assessment of the conformation of cows-daughters depending on the level of homozygosity of bulls-fathers (system "B")

Группа Ca (Group, Ca)	I) Ca 0 % (n=1137)	II)Ca 8-50 % (n=37316)	III)Ca 55-77 % (n=1296)	$\overline{Ca}$ 28.74 % (n=38612)
Высота балл / (Stature, score)	5.90±0.04	5.83±0.01	5.76±0.04*	5.83±0.01
Глубина туловища / Body depth	6.51±0.03	6.36±0.01***	6.35±0.03***	6.36±0.01***
Положение зада / Rump angle	4.82±0.04	4.82±0.01	4.76±0.04	4.81±0.01
Ширина зада / Rump width	5.50±0.03	5.43±0.01*	5.42±0.03	5.43±0.01*
Угол з. ног сбоку / Rear legs set	4.82±0.03	4.90±0.01*	4.98±0.03**/**	4.90±0.01*
Высота пятки / Foot angle	5.09±0.04	5.03±0.01	4.99±0.04	5.03±0.01
Пост. з. ног сзади / Rear legs rear view	5.30±0.03	5.16±0.01***	5.29±0.03 н.д./***	5.17±0.01***
Прикр. п. дол. / Fore udder attachment.	6.18±0.04	6.19±0.01	6.16±0.03	6.19±0.01
Высота з. дол. / Rear udder height	6.71±0.03	6.66±0.01	6.44±0.03***/**	6.66±0.01
Центральная связка / Central ligament	5.77±0.04	5.80±0.01	5.76±0.03	5.80±0.01
Глубина вым. / Udder depth	6.52±0.03	6.43±0.01**	6.35±0.03***/**	6.43±0.01**
Расп. п. сосков / Front teat placement	4.51±0.03	4.56±0.01	4.70±0.03***/**	4.56±0.01
Дл. Сосков / (Teat length	4.97±0.04	4.90±0.01	4.88±0.03	4.90±0.01
Крепость / Chest width	5.57±0.03	5.50±0.01*	5.49±0.03	5.50±0.01*
Молочный тип / Angularity	6.36±0.02	6.29±0.01*	6.16±0.03***/**	6.29±0.01**
Дл. п. дол. / Length udder attachment	5.36±0.03	5.39±0.01	5.34±0.03	5.39±0.01
Скак. сустав сзади / Hock development	4.72±0.03	4.69±0.01	4.92±0.03***/**	4.69±0.01

* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$; н.д. - недостоверно;

Ca – индивидуальный уровень гомозиготности, основанный на информации по 12 STR-маркерам; * – достоверное различие между показателями II и III.

Как можно отметить из таблиц 1 и 2, с увеличением уровня гомозиготности наблюдается снижение высоты в крестце и, как следствие, снижается глубина вымени и высота зада. При снижении роста (высоты в крестце) с увеличением нагрузки на конечности отмечается большая выраженность угла задних ног (вид сбоку), они становятся более саблистыми. Данные коровы отличаются менее глубоким выменем с более короткими сосками, у них наименее выражен молочный тип согласно оценкам систем «А и Б». При этом выявленные закономерности по некоторым признакам прослеживаются в обеих системах.

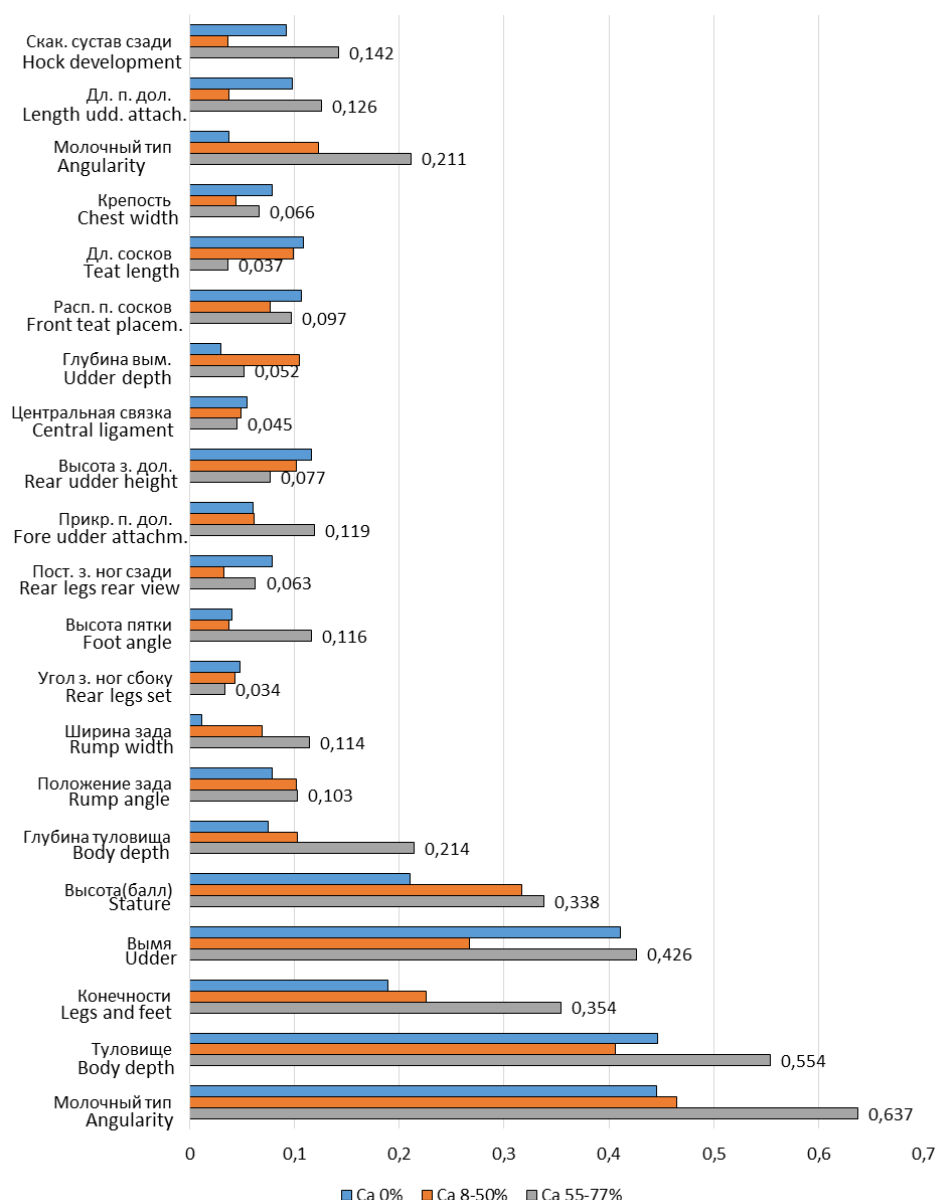


Рисунок 1 – Коэффициенты наследуемости (h^2) показателей оценки типа телосложения

Figure 1 – Inheritance coefficients (h^2) of indicators of assessment of body type

На рисунке 1 отражены коэффициенты наследуемости (h^2) показателей оценки типа телосложения для каждой изучаемой выборки в зависимости от градации уровня гомозиготности быков-производителей. Отмечено увеличение коэффициентов наследу-

емости по таким показателям, как высота 0.21-0.338 б., глубина туловища 0.075-0.214 б., положение зада 0.079-0.103 б., ширина зада 0.012-0.114 б., прикрепление передних долей 0.061-0.119, молочному типу по системам «А» 0.445-0.637 б. и «Б» 0.038-0.211. Данная зависимость схожа с результатами, полученными нами ранее при использовании градации по коэффициенту инбридинга, рассчитанному по средствам формулы Райта-Кисловского [3]. Показатели угла задних ног вид сбоку, высоты задних долей, центральной связки и длины сосков имели обратную зависимость 0.048-0.034 б., 0.116-0.077 б., 0.055-0.045 б., 0.109-0.037 б. соответственно.

Выводы. Контроль уровня инбридинга, как предшества возрастания величины уровня гомозиготности, является базисом для ведения селекционной работы на индивидуальном и популяционном уровнях. STR-маркеры не утратили своей актуальности и могут быть использованы для этих целей.

Благодарность. Выражаем признательность за предоставленную информацию специалистам Союз «Мосплем».

Библиографический список

1. Антипова Н. С. Оценка экстерьера быков-производителей // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 7-9.
2. Влияние уровня геномного инбридинга, оцененного по ROH-паттернам, на воспроизводительные качества и молочную продуктивность дочерей, а также спермопродукцию голштинских быков-производителей / И. С. Недашковский, А. А. Сермягин, О. В. Костюнина, И. Н. Янчуков, Н. А. Зиновьева // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 3. С. 39-45.
3. Влияние уровня инбридинга быков-производителей на показатели типа телосложения их дочерей / А. Ф. Контэ, И. С. Недашковский, А. Н. Ермилов, А. А. Сермягин // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 4. С. 19-25.
4. Контэ А. Ф., Ермилов А. Н., Сермягин А. А. Оценка динамики генетической изменчивости для показателей типа телосложения коров-первотелок голштинизированной черно-пестрой породы // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8. С. 69-78.
5. Оценка племенной ценности быков-производителей голштинской породы по качеству потомства в связи с уровнем гомозиготности по STR-маркерам / И. С. Недашковский, О. В. Костюнина, В. В. Волкова, А. Н. Ермилов, А. А. Сермягин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 3 (43). С. 36-43.
6. Оценка геномной вариабельности продуктивных признаков у животных голштинизированной черно-пестрой породы на основе GWAS анализа и ROH паттернов / А. А. Сермягин, О. А. Быкова, О. Г. Лоретц [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 2. С. 257-274.
7. Паронян И. А. Генетические ресурсы сельскохозяйственных животных. СПб., 2016. 205 с.
8. Популяционно-генетическая характеристика, оценка геномного инбридинга и гомозиготности крупного рогатого скота черно-пестрой и голштинской пород по STR и SNP маркерам в России / И. С. Недашковский, А. А. Сермягин, О. В. Костюнина, В. В. Волкова, Е. А. Гладырь, И. Н. Янчуков // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2021. № 4. С. 295-306.
9. Семенова Н. В. Оценка наследуемости и генетических корреляций продуктивных и технологических признаков молочного скота и их применение в практической селекции // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 4. С. 44-46.
10. Effects of ignoring inbreeding in model-based accuracy for BLUP and SSGBLUP / I. Aguilar, E. N. Fernandez, A. Blasco, O. Ravagnolo, A. A. Legarra // Journal of animal breeding and genetics. 2020. Vol. 137. P. 356-364.
11. Misztal I. Computational techniques in animal breeding. USA. Athens: University of Georgia, 2014. 200 p.
12. Peakall R., Smouse P. E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel // Population genetic software for teaching and research update. Bioinformatics. 2012. V. 28. P. 2537-2539.

Информация об авторах:

Недашковский Игорь Сергеевич, м.н.с. отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста nedashkovsky_is@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0487-4576, AuthorID 969123

Контэ Александр Федорович, к.с.-х.н. н.с. отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста, alexandrconte@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-4877-0883, AuthorID 849809

Волкова Валерия Владимировна – к.б.н. старший научный сотрудник лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста, moonlit-elf@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2080-0182, AuthorID 620295

Сермягин Александр Александрович – к.с.-х.н., в.н.с., зав. отделом популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста alex_sermyagin85@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1799-6014, AuthorID 592166

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-36

**SATURATION OF HUNTING GROUNDS WITH GAME SPECIES NEW
TO THE LOCAL HUNTING FAUNA FROM THE POINT OF VIEW
OF INTERNATIONAL AGREEMENTS. VOLUNTARY CODE OF CONDUCT
ON HUNTING AND INVASIVE ALIEN SPECIES**

E. V. Netsvetova

The State Institution of the Tula region "Nature", Tula

Received 11.09.2022

Submitted 10.11.2022

Summary

Relevance. Saturation of the lands with new hunting species is associated with the concept of "introduction". Ecological signs, according to which animals are selected for breeding in aviaries or for the purpose of placing them in the natural environment, have been found to strongly correlate with invasiveness. The arguments given by hunting specialists in favor of importation and breeding are primarily related to the extraction of profit by hunting farms, and in the short or medium term. However, if such an introduction is assessed globally, it can cause significant damage to the ecosystem and require large financial costs, but already from the state, to combat the consequences of the settlement of aggressor species. Currently, national legislation lacks both the concepts of invasion and invasive alien species, as well as criteria for classifying species as such, as well as methods of interaction with similar animals when they are detected early or in the case of widespread distribution. The **object** of research is biological invasion. **Materials and methods.** Analysis of the norms of the Convention on Biological Diversity and decisions of the Conferences of the Parties thereto, as well as analysis of the norms of the Berne Convention, the European Code of Conduct on Hunting and Invasive Alien Species, the European Strategy on Invasive Alien Species.

Key words: *Invasive Alien Species (IAS), hybrids, introduction, «sleeper invasives», hunting fauna, IAS management, Game Breeding, Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Berne Convention, 1979), Convention on Biological Diversity (CBD), European Code of Conduct on Hunting and IAS.*

Citation. Netsvetova E. V. Saturation of hunting grounds with game species new to the local hunting fauna from the point of view of international agreements. voluntary code of conduct on hunting and invasive alien species. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 302-310 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-36.

Author's contribution. The author of the article provided were directly involved in the planning of the experiment, the laying and conducting laboratory research. The obtained results were subjected to comprehensive agronomic and statistical analyses.

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

УДК 599.735.31

**НАСЫЩЕНИЕ ОХОТУГОДИЙ НОВЫМИ ДЛЯ МЕСТНОЙ ОХОТФАУНЫ
ВИДАМИ ДИЧИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СОГЛАШЕНИЙ.
ДОБРОВОЛЬНЫЙ КОДЕКС ПОВЕДЕНИЯ В ОТНОШЕНИИ ОХОТЫ
И ИНВАЗИВНЫХ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ**

Е. В. Нецветова, заместитель руководителя

Государственное учреждение Тульской области «Природа», г. Тула

Дата поступления в редакцию 11.09.2022

Дата принятия к печати 10.11.2022

Актуальность. Насыщение угодий новыми охотничьими видами связано с понятием «интродукция». Экологические признаки, по которым происходит подбор животных для разведения в вольерах или с целью размещения их в естественной среде, как было установлено, сильно соотносятся с инвазивностью. Аргументы, которые приводятся специалистами охотничьего хозяйства в пользу завоза и разведения, связаны в первую очередь с извлечением прибыли охотничьими хозяйствами, причем в краткосрочной или среднесрочной перспективе. Однако, если оценивать подобную интродукцию глобально, она может нанести существенный ущерб экосистеме и потребовать больших финансовых затрат, но уже от государства, для борьбы с последствиями расселения видов-агрессоров. В настоящее время в национальном законодательстве отсутствуют как понятия инвазии и инвазивных чужеродных видов, так и критерии отнесения видов к таковым, а также методы взаимодействия с подобными животными при их раннем обнаружении или в случае широкого распространения. **Объект исследования** – биологическая инвазия. **Материалы и методы.** Анализ норм Конвенции о биологическом разнообразии и решений конференций сторон к ней, а также анализ норм Бернской конвенции, Европейского кодекса поведения в отношении охоты и инвазивных чужеродных видов, Европейской стратегии по инвазивным чужеродным видам.

Ключевые слова: инвазивные чужеродные виды, ИЧВ, «спящие инвазии», охотфауна, управление ИЧВ, дичеразведение, Конвенция об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе, Бернская Конвенция, Конвенция о биологическом разнообразии (КБР), Европейский кодекс поведения в отношении охоты и ИЧВ.

Цитирование. Нецветова Е. В. Насыщение охотугодий новыми для местной охотфауны видами дичи с точки зрения международных соглашений. Добровольный кодекс поведения в отношении охоты и инвазивных чужеродных видов. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 302-310. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-36.

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. Расширение номенклатуры видов охотфауны, предлагаемых к добыче, дает ряд преимуществ перед теми хозяйствами, которые не могут обеспечить охотника разнообразием дичи. Для этого животные, не являющиеся аборигенными для страны, региона или локальной экосистемы, не только завозятся и разводятся в полувольных условиях, но и выпускаются в естественную среду. Стороны Конвенции о биологическом разнообразии (КБР) договорились называть подобные перемещения вида, подвида или нижестоящего таксона интродукцией. При этом целенаправленное перемещение за границы обычного ареала и потенциала расселения будет являться преднамеренной интродукцией, которая может быть как санкционированной, так и нет. Побег же животных из вольерных комплексов будет оцениваться как непреднамеренная интродукция [8, 9]. Вспомогательный орган по научным, техническим и технологическим консультациям

(ВОНТТК) рекомендует Конференции Сторон КБР на ее 15-м совещании принять решение о настоятельном призыве не только Сторон, но и других правительств следить за воздействием крупномасштабных высвобождений чужеродных популяций, завезенных или выращиваемых в неволе, в частности охотничьих видов животных, на генетическое разнообразие местных популяций и на их долгосрочную способность адаптироваться к изменению окружающей среды и принимать надлежащие меры для смягчения любого вредного воздействия на местные популяции [2]. Это связано с тем, что экологические признаки, которым специалисты охотничьего хозяйства отдают приоритет при выборе вида или подвида животного, как было установлено, сильно коррелируют с инвазивностью. Среди таковых можно обозначить следующие:

- устойчивость к широкому спектру условий окружающей среды;
- высокие относительные темпы роста, обычно короткий ювенильный период;
- высокие показатели размножения;
- никаких особых требований к пище (универсальный потребитель);
- эволюционные адаптации к новым условиям, за счет которых животные могут

переключаться на разнообразные пищевые ресурсы, менять стратегию размножения или избегать хищников [1].

Опасность инвазивных чужеродных видов (далее – ИЧВ) заключается в том, что они могут изменять жизненно важные экосистемные процессы, а также уничтожать, подавлять, конкурировать с местными видами и сообществами или вытеснять их, изменять генофонды путем гибридизации. Именно поэтому ИЧВ признаны основной прямой причиной утраты биоразнообразия во всем мире и глобальных изменений в экосистемных услугах [1, 13, 17, 19, 20]. Сохранение биоразнообразия, экосистем суши и моря является одной из задач Стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 года [15]. Достижение же экологической безопасности обеспечивает, в свою очередь, национальную безопасность [14]. Однако насколько сказанное достижимо при отсутствии в России законодательства об ИЧВ?

Завоз и разведение чужеродных видов в вольерах связаны, в первую очередь, с извлечением прибыли охотничьими хозяйствами, причем в краткосрочной или среднесрочной перспективе. Однако в случае побега и расселения видов-агрессоров затраты для борьбы с последствиями их натурализации будет нести государство. Конечно, не каждый чужеродный вид может стать инвазивным и часто бывает трудно решить, может ли новый неместный вид стать опасным захватчиком в конкретной стране, регионе, районе. Особенно трудно убедить других в том, что это может вызвать проблемы, если вид еще не является инвазивным в конкретной местности, но при этом имеет экономическую ценность. Это обстоятельство особенно верно в отношении «спящих инвазий», которые остаются в низкой численности в течение многих лет, прежде чем быстро увеличиться в численности и ареале.

Цель исследования заключается в анализе способов управления ИЧВ, появившимися вследствие насыщения охотугодий новыми для местной охотфауны видами.

В соответствии с заданной целью поставлены следующие **задачи**:

- изучить порядок принятия решения о преднамеренной интродукции, предусмотренный международным законодательством;
- выяснить стадии биологических инвазий;
- изучить механизмы смягчения последствий вторжений на каждой из стадий биоинвазии.

Результаты. Управление ИЧВ означает применение мер по предотвращению интродукции, искоренению ИЧВ или их контролю [21]. Способы управления ИЧВ содержатся в Руководящих принципах предотвращения интродукции и смягчения последствий воздействия чужеродных видов, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам.

Руководящим принципом 10 закреплены основы проведения преднамеренной интродукции. Как первичная, так и последующая интродукция чужеродного вида, который уже является или может стать инвазивным, должна происходить с предварительного разрешения компетентного органа принимающей стороны (государств). Принятию решения должен предшествовать анализ рисков, который может включать оценку воздействия на окружающую среду в рамках процесса оценки. Если возможность возникновения угрозы для биоразнообразия в результате предлагаемой интродукции маловероятна, то может быть принято положительное решение. При этом бремя доказательства того, что риски возникновения угрозы для биоразнообразия в результате предлагаемой интродукции ничтожны, должно быть возложено на лицо, предложившее интродукцию, или на лицо, назначаемое соответствующим образом принимающим государством. Разрешение на интродукцию может в соответствующих случаях сопровождаться рядом условий, например, таких как подготовка планов смягчения последствий, процедур мониторинга, оплаты оценки и управления ИЧВ или требований по их локализации. Решение о преднамеренной интродукции должно базироваться на соблюдении мер предосторожности, в том числе в рамках анализа рисков. «В тех случаях, когда существует угроза сокращения или утраты биологического разнообразия, отсутствие достаточной научной определенности и знаний в отношении чужеродного вида не должно препятствовать принятию компетентным органом решения относительно преднамеренной интродукции такого вида, с тем чтобы не допустить распространения ИЧВ и оказания ими неблагоприятного воздействия» [20].

Руководящий принцип 11 посвящен непреднамеренной интродукции. В нем говорится, что все государства должны ввести условия, регулирующие виды-агрессоры, которые укоренились и стали инвазивными вследствие как непреднамеренных, так и преднамеренных интродукций. К числу таких условий относятся меры, имеющие силу закона, и меры регулирования, а также создание или укрепление организаций и учреждений, на которые возлагаются соответствующие обязанности. Такие организации должны быть обеспечены достаточными оперативными ресурсами для проведения быстрых и эффективных действий. Отмечена необходимость выявления общих путей, ведущих к непреднамеренным интродукциям, и разработки надлежащих положений с целью их максимального сокращения. При этом особо выделяется факт, что секторальная деятельность, в частности такая, как разведение домашних животных и дичи на фермах, сельское хозяйство, лесоводство и туризм, зачастую ведет к непреднамеренным интродукциям. Соответственно, при проведении оценок воздействия такой деятельности на окружающую среду следует учитывать риск непреднамеренной интродукции ИЧВ. В соответствующих случаях для поиска этих путей следует проводить анализ рисков, связанных с непреднамеренной интродукцией ИЧВ.

Для ряда отраслей и видов деятельности, потенциально ответственных за интродукцию чужеродных видов, Советом Европы при технической поддержке Группы специалистов по инвазивным видам Международного союза охраны природы (МСОП), был разработан ряд добровольных инструментов, таких как кодексы поведения и руководства. Для охотничьего хозяйства таковым является Европейский кодекс поведения в отношении охоты и ИЧВ (далее – Европейский кодекс) [10]. В нем отмечено, что борьбу с инвазивными видами можно выиграть только при поддержке ключевых заинтересованных сторон, поощ-

ря ответственное поведение и обеспечивая их участие в повышении осведомленности, обнаружении вторжений и обеспечения ответных мер. Принцип 1 обозначенного документа рекомендует избегать преднамеренной интродукции новых чужеродных видов дичи, а также снижать риск побега тех, кто содержится в неволе или на огороженных территориях. Чужеродные виды для пополнения запасов дичи, согласно принципу 3 Европейского кодекса, должны использоваться только в том случае, когда они неинвазивны или интродуцированы в древние исторические времена. Пополнение за счет недавно интродуцированных ИЧВ недопустимо [10]. Решение вопроса об искоренении видов, интродуцированных в древние исторические времена, может рассматриваться там, где возможно восстановить первоначальную экосистему и где такое восстановление является приоритетом сохранения [3]. Пополнение дичи должно осуществляться из здоровых популяций с надлежащей генетикой. На это указывается в Принципе 4 Европейского кодекса. Необходимо обеспечить как надлежащие генетические характеристики исходных популяций, в т.ч. избегать выпуска гибридов или смесей из разных биогеографических районов, так и прохождение животными надлежащего санитарного надзора и/или карантинных процедур.

В уязвимых районах или рядом с ними, на основании вставки 18 Европейской стратегии по ИЧВ, необходимо запретить или строго регулировать объекты, в которых содержатся в неволе/изоляции потенциальные ИЧВ [3].

В случае когда установлен факт укоренения ИЧВ, должны использоваться меры по смягчению неблагоприятных последствий, такие как искоренение (eradicate), локализация (containment) и регулирование (control), предусмотренные Руководящими принципами 13, 14, 15 соответственно.

Основными инструментами управления ИЧВ, включая охотничьи виды, согласно принципу 6 Европейского кодекса, должны быть искоренение и регулирование (контроль). Любая программа искоренения или регулирования должна быть надлежащим образом спланирована, и поэтому перед ее началом необходимо провести анализ затрат и результатов, четко определить результаты и осуществить соответствующий мониторинг результатов [10].

Обсуждение. Итак, руководящий принцип 10 в целом соответствует пункту b части 2 статьи 11 Бернской конвенции 1979 г. об обязанности строго контролировать введение неместных видов [7]. Саму норму руководящего принципа 10 можно условно разделить на три части. Первая касается анализа рисков при принятии решения об интродукции. Анализ риска означает проведение научной оценки вероятности и последствий (риска) интродукции и укоренения ИЧВ и мер, которые могут быть приняты для сокращения или смягчения такого риска [8, 9]. Конструкция нормы позволяет сделать вывод о том, что при маловероятности угрозы биоразнообразию в результате предполагаемой интродукции может быть принято как положительное, так и отрицательное решение. При этом ничтожность рисков возникновения угрозы биоразнообразию необходимо доказать.

Вторая выделяемая нами часть руководящего принципа 10 говорит о том, что разрешение может сопровождаться рядом условий, но только в соответствующих случаях. Однако сами такие случаи не прописаны. Предполагаем, что каждая сторона сама определяет их в национальном законодательстве.

Третья часть касается базирования принятия решения на соблюдении мер предосторожности. Здесь стоит обратить внимание на оговорку о принятии решения даже при отсутствии достаточной научной определенности и знаний в отношении чужеродного вида. С одной стороны, не прописано, что в таком случае оно должно быть отрицательным. Тем не менее мы приходим к такому выводу исходя из руководящего принципа 1 и определения подхода предосторожности, закрепленного в принципе 15 Рио-де-

Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию, а также в преамбуле Конвенции о биологическом разнообразии. Так, обозначенный принцип 15 устанавливает, что отсутствие полной научной уверенности в случаях, когда существует угроза серьезного или необратимого ущерба, не является причиной для отсрочки принятия экономически эффективных мер по предупреждению ухудшения состояния окружающей среды. Преамбула КБР содержит более четкое указание: в случаях, когда существует угроза значительного сокращения или утраты биоразнообразия, отсутствие неоспоримых научных фактов не должно служить причиной отсрочки принятия мер для устранения или сведения к минимуму такой угрозы [6].

Здесь стоит обратить внимание на положение принципа 3 Европейского кодекса, согласно которому чужеродные виды, интродуцированные в древние исторические времена, в случае если в этом месте невозможно восстановить первоначальную экосистему, по сути, признаются ее частью. При этом древними являются интродукции, произошедшие до 15 века. Соответственно, более поздние вселения будут являться недавно интродуцированными, за счет которых пополнение запасов дичи недопустимо. Стоит отметить, что преднамеренная интродукция чужеродных птиц и млекопитающих проводилась преимущественно для охоты и осуществлялась во все времена. Тренд на вселение новых видов резко возрос во второй половине 19 века. При этом основная часть млекопитающих завозилась в периоды с 1900-1920 гг. и 1941-1960 гг., а птиц 1921-1940 гг. и 1961-1980 гг. С 80-х годов число преднамеренных интродукций чужеродных видов в целях охоты снижается и в последние десятилетия оно было очень низким, причем доля интродуцируемых млекопитающих стала значительно выше, чем птиц [10].

Завоз и разведение дичи в охотхозяйствах не всегда связаны с выпуском. Однако, как указано в руководящем принципе 11, дичеразведение зачастую ведет к непреднамеренным интродукциям и такие риски необходимо оценивать. На наш взгляд, поскольку руководящие принципы носят рекомендательный характер и могут служить основой для разработки национального законодательства, в обязательный перечень документов к заявлению о выдаче разрешения на содержание и разведение новых для фауны страны, региона или локальной экосистемы объектов животного мира было бы верным включить планы оперативных действий в случае ухода животных из вольерных комплексов; по смягчению последствий в случае нанесения этими животными ущерба окружающей среде; процедур мониторинга; оплаты за оценку и управление ИЧВ. На наш взгляд, это будет способствовать снижению риска побега чужеродных видов дичи и тем самым соблюдению принципа 1 Европейского кодекса, который касается любых чужеродных видов, не только инвазивных. Составление подобных планов и расчет затрат помогут охотпользователю понять степень своей ответственности при непреднамеренной интродукции и принимать все возможные меры для ее недопущения.

Недопущение интродукций ИЧВ является методом профилактики [18, 20]. После профилактики, в случае если она не сработала, следующей наиболее эффективной стратегией защиты территорий от ИЧВ является раннее обнаружение нового вида и быстрое реагирование путем искоренения или сдерживания вторжения [18]. Когда ИЧВ широко распространился, его искоренение становится невозможным или дорогостоящим, а соответственно, нецелесообразным. В таком случае борьба направляется на подавление распространения, снижение численности и плотности ИЧВ до приемлемого уровня в долгосрочной перспективе – управление ИЧВ в узком смысле (рисунок 1) [11].

Предотвращение и управление ИЧВ может происходить в разных масштабах, так как процесс инвазии можно отслеживать как в конкретном месте, так и в регионе или на континенте. Для этого необходимо различать стадии биологической инвазии: внедрение, укоренение, собственно инвазия и широкое распространение (рисунок 2) [18].

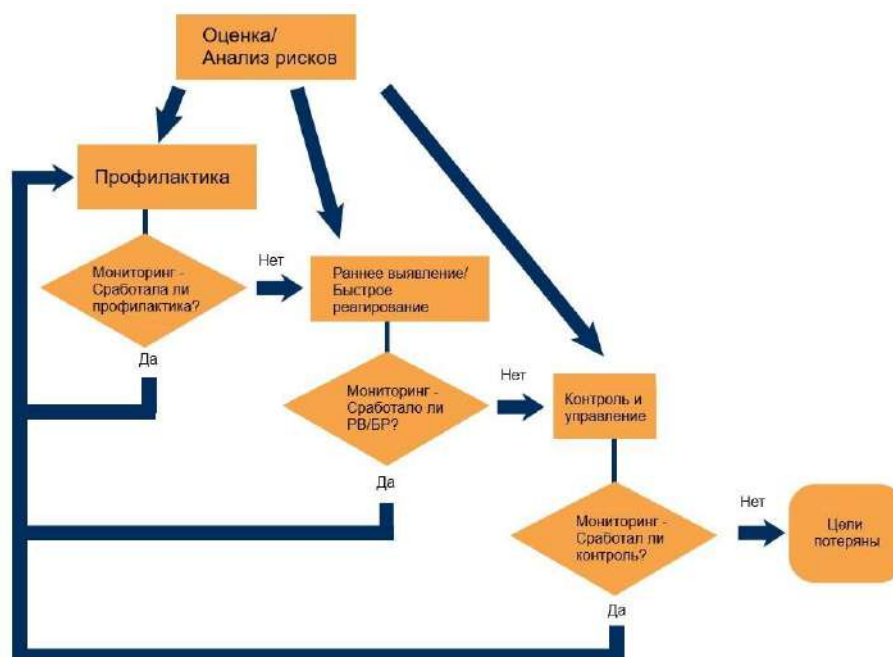


Рисунок 1 – Блок-схема, показывающая взаимосвязи между стратегиями защиты от ИЧВ (по Jacquart et al. 2004. Перевод Нецветовой Е. В.)

Figure 1 – Flowchart showing relationships between strategies, from Jacquart et al. 2004.

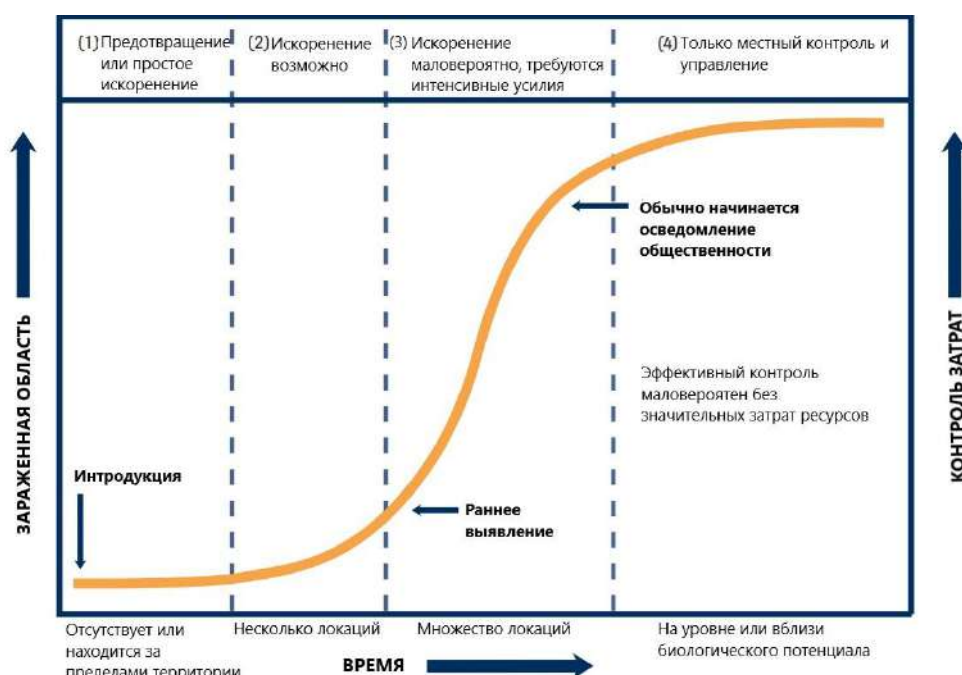


Рисунок 2 – Различные стадии инвазии и цели борьбы с инвазивными видами (по Хоббс и Хамфрис 1995 с изменениями. Перевод Нецветовой Е. В.)

Figure 2 – Different stages of invasion and management objective for invasive species (modified from Hobbs & Humphries 1995).

Данная схема отражает возможность применения конкретных механизмов смягчения последствий вторжений на каждой из стадий биоинвазии. Заметно, что затраты на борьбу с ИЧВ заметно возрастают на более поздних стадиях. Соответственно, име-

ющиеся ресурсы по борьбе с ИЧВ необходимо направлять на предотвращение новых инвазий (первая стадия), а также на раннее обнаружение и быстрое реагирование на новых захватчиков (вторая или третья стадия).

Выводы.

1. Обогащение охотфауны за счет чужеродных видов недопустимо. Такие виды могут быть использованы только в том случае, если они интродуцированы в древние исторические времена, т.е. до 15 века.

2. Различают 4 стадии биологической инвазии: внедрение, укоренение, собственно инвазия и широкое распространение.

3. На каждой стадии можно использовать конкретные механизмы смягчения последствий вторжений. Так, на стадии внедрения возможно быстрое искоренение и профилактика интродукции; на стадии укоренения – уничтожение и локализация (сдерживание), когда меры по искоренению невыполнимы или для этого отсутствуют средства; на стадии собственно инвазии – локализация (сдерживание) и контроль; при широком распространении необходимо продолжать применение контроля и мониторинга его эффективности, однако есть вероятность, что цель борьбы с конкретным видом можно будет считать потерянной, а вид признать натурализовавшимся.

Предложения.

Результативность каждого вида деятельности зависит не только от способности и желания учреждений и людей действовать, но и от наличия и доступа к адекватным знаниям и эффективным инструментам. Следовательно, необходимо:

1. повышение осведомленности действующих специалистов охотничьих хозяйств и охотников о биологических инвазиях;

2. включение в образовательную программу подготовки профильных специалистов, включая специалистов среднего звена;

3. разработка национального законодательства, регулирующего отношения по поводу ИЧВ; внесение соответствующих изменений в законодательство об охоте.

Библиографический список

1. Адамова В. В. Особенности адаптации популяций адвентивных видов наземных моллюсков в условиях юга среднерусской возвышенности: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Белгород, 2018. 287 с.

2. Двадцать четвертое совещание Вспомогательного органа по научным, техническим и технологическим консультациям. Онлайн-формат. 2021. Пункт 11. CBD/SBSTTA/24/CRP.7 03.06.2021.

3. Дженовези П., Шайн К. Европейская стратегия по инвазивным чужеродным видам // Конвенция о сохранении европейской дикой природы и местообитаний (Бернская конвенция). Природа и окружающая среда. Публикация Совета Европы. 2004. № 137.

4. Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию. Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций). Рио-де-Жанейро, 1992. A/CONF.151/26. Том. I.

5. Классификация социально-экономических последствий чужеродных таксонов (SEICAT) / С. Бахер, Т. Блэкберн, Ф. Эссл, П. Дженовези, Дж. Хейккиля, Дж. Йешке, Гл. Джонс, Р. Келлер, М. Кенис, К. Куеффер, А. Мартину, В. Нентвиг, Дж. Пергл, П. Пышек, В. Рабитш, Д. Ричардсон, Х. Рой, В.-К. Сол, Р. Скалера, М. Вила, Дж. Р. У. Уилсон, С. Кумшик. // Методы в экологии и эволюции. 2018. № 9. С. 159-168.

6. Конвенция о биологическом разнообразии. Рио-де-Жанейро 5 июня 1992 года.

7. Конвенция об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе. 1979.

8. Конференции сторон Конвенции о биологическом разнообразии, шестое совещание. Пункт 22 предварительной повестки дня. Обзор и изучение вариантов осуществления статьи 8 h о чужеродных видах, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам. Записка Исполнительного секретаря. Дополнение. (UNEP/CBD/COP/6/18/Add.1/Rev.1, 26.03.2002.

9. Конференция сторон Конвенции о биологическом разнообразии, шестое совещание. Пункт 22 предварительной повестки дня. Обзор и изучение вариантов осуществления статьи 8 h) о чужеродных видах, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам. Записка Исполнительного секретаря. UNEP/CBD/COP/6/18/Add.1, 14.02.2002.

10. Монако А., Дженовези П., Миддлтон А. Европейский кодекс поведения в отношении охоты и инвазивных чужеродных видов. Совет Европы, 2016. 40 с.

11. Научные приоритеты для снижения угрозы инвазивных видов для устойчивого лесного хозяйства / Э. А. Чорнская, Э. М. Бартуска, Г. Х. Апплет, К. О. Бриттон, Дж. Каммингс-Карлсон, Ф. В. Дэвис, Дж. Эскоу, Д. Р. Гордон, К. В. Готчалк, Р. А. Хак, Э. Дж. Хансен, Р. Н. Мак, Ф. Дж. Рахел, М. А. Шеннон, Л. А. Уайнгер, Т. Б. Уигли // Бионаука. 2005. Том. 55. № 4. С. 335-348.

12. Нецветова Е. В., Саловаров В. О. Охотничьи вольеры как источник инвазии // Научно-практический журнал «Вестник ИРГСХА». 2021. № 6 (107). С. 115-131.

13. Нецветова Е. В. Сравнение Временных и принятых Руководящих принципов по предотвращению интродукции и смягчению последствий, связанных с чужеродными видами // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2022. № 7 (48). С. 44-52.

14. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400.

15. О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176.

16. Об утверждении перечней профессий и специальностей среднего профессионального образования: приказ Министерства образования и науки РФ от 29 октября 2013 г. №1199.

17. Организация и проведение научного семинара для завершения оценки рисков отдельных инвазивных чужеродных видов // IAS. ARES. 2014. 2425342- 22/07/2014.

18. Оценка инвазивных видов и управление ими на охраняемых территориях // Серия Кратких руководств по охраняемым территориям. Арлингтон, Вирджиния. Охрана природы. 2009. 40 с.

19. Поддержка "Тематической оценки инвазивных чужеродных видов и борьбы с ними": отчет Межправительственной научно-политической платформы по биоразнообразию и экосистемным услугам. (МПБЭУ). Шьяма Пагад, 2020. 20 с.

20. Решение VI/23 Конференции сторон Конвенции о биологическом разнообразии: шестое совещание (Гаага). Чужеродные виды, которые угрожают экосистемам, местам обитания и видам). UNEP/CBD/COP/DEC/6/23, 23.09.2002.

21. Специальная техническая группа экспертов об инвазивных чужеродных видах: проект рекомендаций или элементов для разработки технического руководства по мерам борьбы с инвазивными чужеродными видами. CBD/IAS/ANTEG/2019/1/2, 14.11.2019.

Информация об авторе

Нецветова Елизавета Викторовна, заместитель руководителя ГУ ТО «Природа», руководитель подразделения особо охраняемых природных территорий Тульской области (300903, г.Тула, пос. Косая гора, ул. Октябрьская, д.1), ORCID ID: 0000-0001-5174-8447, телефон 8-961-150-36-16, e-mail: alliska83@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-37

THE USE OF XYLANASE IN THE DIETS OF BROILER CHICKENS

K. V. Lavrinenko, I. A. Koshaev, A. A. Ryadinskay, P. I. Tokar, A. A. Zaitsev

Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Maysky village

Received 26.09.2022

Submitted 02.12.2022

*The work is supported by the grant of the President of the Russian Federation
for young scientists-candidates of sciences MK-2474.2022.5*

Summary

The article presents the results of a study on the introduction of the proteolytic enzyme xylanase into the diets of broiler chickens. The results of the studies showed that the enzyme had a positive effect on the productivity of broiler chickens. Xylanase can be recommended for use as a feed additive for poultry.

Abstract

Introduction. Currently, the use of enzymes as feed additives is standard practice, and most feeds for feeding broiler chickens in intensive agriculture contain enzymes. In this paper, the expediency of introducing xylanase into the diets of broiler chickens of the Cobb - 500 cross is considered. **An object.** The object of the study was broiler chickens of the Cobb-500 cross. **Materials and methods.** The research was carried out on the basis of the scientific and production laboratory of poultry breeding of the Belgorod State Agrarian University. In the experiment, 2 groups of day-old chickens were formed: control and experience. **Results and conclusions.** It was found that the introduction of an enzyme contributed to an increase in the main indicators of productivity in the experimental groups compared with the control group: safety by 1.5%; live weight for 41 days by 4.5%; conversion by 1.78 kg.

Keywords: broiler chickens, Cobb-500, chicken feeding, enzymes, preservation, live weight, xylanase.

Citation. Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Tokar P. I., Zaitsev A. A. Application of the proteolytic enzyme in the diets of broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 310-318 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-37.

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 636.087.7:636.5.033

ПРИМЕНЕНИЕ КСИЛАНАЗЫ В РАЦИОНАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

К. В. Лавриненко, преподаватель

И. А. Кошаев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. А. Рядинская, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

П. И. Токарь, магистр; А. А. Зайцев, студент

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина»,
п. Майский

Дата поступления в редакцию 26.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

*Работа выполняется при поддержке гранта Президента РФ
для молодых ученых-кандидатов наук МК-2474.2022.5*

Актуальность. В настоящее время использование ферментов как кормовых добавок – стандартная практика, и большинство кормов для кормления цыплят-бройлеров в интенсивном сельском хозяйстве содержат ферменты. В данной работе рассмотрена целесообразность введения в рационы цыплят-бройлеров кросса «Кобб -500» ксиланазы. **Объект.** Объектом исследования являлись цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500». **Материалы и методы.** Исследования проводились на базе научно-производственной лаборатории птицеводства ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ». В опыте было сформировано 2 группы суточных цыплят: контрольная и опытная. **Результаты и выводы.** Установлено, что введение фермента способствовало повышению основных показателей продуктивности в опытных группах по сравнению с контрольной: сохранности на 1,5 %; живой массы на 41 сутки на 4,5 %; конверсии на 1,78 кг.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, Кобб-500, кормление цыплят-бройлеров, сохранность цыплят, живая масса цыплят, ксиланаза.

Цитирование. Лавриненко К. В., Кошаев И. А., Рядинская А. А., Токарь П. И., Зайцев А. А. Применение ксиланазы в рационах цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 310-318. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-37.

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. Сегодня основная задача отрасли животноводства – рост производства качественной мясной продукции. В структуре рационов питания человека мясо-продукты занимают особое место. Это определяется прежде всего содержанием в них полноценных и сбалансированных животных белков и жиров. Поэтому интенсификация отрасли птицеводства, как одной из скороспелых отраслей АПК региона и страны, актуальна [6, 13].

Мировая тенденция развития мясного птицеводства стремится к увеличению объема продукции и улучшению ее качества. Птицеводство в России так же, как и в мире, стремительно развивается при поддержке государства [8]. Государственные программы направлены на увлечение финансирования и изменения цели производств – получение большого количества качественной и экологически безопасной продукции. В результате этого поголовье птицы на российских предприятиях увеличилось, а условия ее содержания стали лучше. Объем производства напрямую зависит от спроса, а спрос на продукцию мясного птицеводства постоянно растет [11].

Производя большие объемы мяса птицы, не следует забывать о его качестве. На качество производимой продукции покупатели обращают внимание в первую очередь. Как повлиять на качество? Следить за технологией выращивания, использовать качественные корма [10]. Мясо в питании современного человека играет особую роль. Только из мяса мы можем получать полноценный белок и все необходимые нашему организму незаменимые аминокислоты. Мясо птицы к тому же насыщено фосфором (которого часто не хватает нашему организму), по его содержанию оно уступает только морепродуктам [3]. Птицу любят из-за нежного вкуса, удобства приготовления и ее диетических свойств. Оптимальное соотношение белков и жиров в мясе птицы положительно сказывается на его питательных свойствах – это мясо хорошо насыщает, при этом почти полностью усваивается организмом [1].

Ферментные препараты имеют целый комплекс положительных воздействий на организм птицы: улучшают здоровье птицы, повышают показатели продуктивности, улучшают переваримость веществ [14].

Ведущие ученые и практики сегодня решают задачи по удовлетворению потребностей птицы в протеине и энергии, как посредством увеличения количества и качества традиционных кормовых средств, так и путем внедрения в производство нетрадиционных кормов и кормовых добавок [1].

Проблема качества продукции птицеводческих предприятий актуальна всегда. Полноценный и сбалансированный рацион птицы – залог решения вопроса качества производимого мяса птицы. Нарушение баланса в рационах кормления по питательности и минеральной составляющей приводит к таким нежелательным последствиям, как нарушение обмена веществ, снижение резистентности, подверженность к различным стресс-факторам. Применение различных кормовых добавок помогает оптимизировать рационы птицы и во многих случаях улучшить продуктивные качества птицы. Безусловно, при интенсификации и производства необходимо обращать внимание на кроссы птицы, условия содержания, параметры микроклимата, оснащенность производства, но все же питание птицы играет одну из ключевых ролей. Даже при выращивании высокопродуктивных кроссов бройлеров необходимо уделить внимание балансу макро- и микроэлементов в рационе, так как несбалансированность рациона может привести к нарушению обмена веществ, и как следствие этого – к неправильному развитию птиц. Онтогенез птицы – сложный и многогранный процесс, требующий пристального внимания зоотехников и ветеринаров предприятия. Специально для упрощения этого предприятиями разрабатываются стандарты кормления и содержания птицы. Необхо-

димось оптимизации технологий производства и применения эффективных биологически активных добавок в рацион птицы, очевидно, также упрощает процесс оптимизации производств [7].

Ксиланы, целлюлоза и β -глюканы – полисахариды, которые составляют основу зернофуража. Некрахмальные полисахариды, или, проще, НПС содержатся практически во всех зерновых.

Безусловно, количество НПС непостоянно, оно варьируется от 7 % (пшеница) до 17 % (ячмень), все зависит от вида растения и его биологических особенностей.

Желудочно-кишечный тракт птицы не вырабатывает ферменты, которые способны расщеплять сложные полисахариды на мономеры, и, как следствие, некрахмальные полисахариды желудком птицы не перевариваются [5].

Также большой объем кормов с повышенным количеством НПС в составе негативно влияет на переваривание основных питательных компонентов корма. Из-за непереваримых НПС увеличивается общая вязкость химуса в желудке птицы, ферменты, которые расщепляют питательные вещества, с трудом попадают к ним, и поэтому, как следствие, пищеварение сильно замедляется. Есть еще одна опасность кормов с большим количеством НПС – непереваренные вещества в кишечнике. Переваривание пищи не заканчивается в желудке, непереваренные остатки корма вместе с НПС попадают в кишечник, вследствие чего в кишечнике может начать развиваться патогенная и условно-патогенная микрофлора. Все это негативно отражается на общем состоянии здоровья птицы, замедляется обмен веществ, что, конечно же, сказывается на качестве продукции, производимой птицеводческими предприятиями [9].

Как предотвратить негативные последствия НПС в рационах птицы? Один из вариантов решения этой проблемы – использование ферментных препаратов, а именно ксиланазы, в рационах сельскохозяйственной птицы. При добавлении ксиланазы в корма решается проблема недостатка ферментов для переваривания НПС: как следствие, использование питательных веществ из рациона птицы оптимизируется и продуктивность птицы увеличивается.

Помимо этого, применение ферментов как добавки к основному рациону птицы имеет еще и экономическую выгоду. При повышении доступности питательных веществ снижается конверсия корма, что положительно сказывается не только на здоровье птицы, но и на экономике предприятия.

Еще одна положительная сторона их использования – возможность применения в качестве кормовых компонентов более «бюджетных» видов растительного сырья.

Широко используемая кормленцами группа кормовых ферментов — карбогидразы. К этой группе относят и ксиланазу. Ксиланаза разрушает цепь арабиноксилана до моносахаров, участвующих в углеводном обмене.

Использование ксиланазы в рационах цыплят-бройлеров не раз показало высокую эффективность, что подтверждено многочисленными исследованиями [12].

Калоев Б. С. (2021) приводит итоги эксперимента на цыплятах-бройлерах кросса ROSS-308 с целью изучения влияния ферментных препаратов Санзайм, Санфайз 5000 и лецитина на биологическую полноценность белка полученного мяса, где установлено положительное влияние изучаемых препаратов на аминокислотный и жирнокислотный состав мяса бройлеров, что подтверждается повышением в грудных мышцах содержания моно- и полиненасыщенных жирных кислот [2].

В своих экспериментах Никитин А. Ю. (2019) установил, что добавление ферментного препарата Ровабио в рационы цыплят-бройлеров, кросса Смена-7 в возрасте от 14 до 42 суток дозировкой 50 г/т в комплексе с микроэлементами элементов CoCO_3

(0,57 мг/кг корма), $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,38 мг/кг корма) с заменой 15% пшеницы на 15% ржи оказало положительное влияние на переваримость вещества органического происхождения (6,49%), сырого протеина (4,59%), синтез белка и стимуляцию гемопоэза [4].

Материалы и методы. Научно-хозяйственный эксперимент по изучению влияния фермента ксиланазы на продуктивность цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» был проведен в условиях лаборатории птицеводства Белгородского ГАУ, УНИЦ «Агротехнопарк». 130 здоровых, кондиционных суточных цыплят перед постановкой на опыт были взвешены и разделены на две группы (опытная и контрольная) по 65 голов методом аналогов. Срок содержания 1-41 сутки. Кормление и основные параметры содержания были аналогичными для всех групп опытных цыплят-бройлеров и соответствовали нормативным показателям для данного кросса. Цыплят выращивали напольным способом на глубокой подстилке. Каждая группа находилась в отдельной секции. Цыплята всех групп получали корма согласно периоду выращивания: Старт (0-14 сут.), Рост (15-28 сут.), Финиш (29-41 сут.).

Сущность опыта составляло введение цыплятам опытной группы дополнительно к основному рациона фермента ксиланазы в дозировке 0,25 кг/т, на весь период выращивания (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта

Figure 1 – Scheme of scientific and economic experience

На протяжении всего эксперимента проводили ежедневный учет общего клинического состояния птицы, при переходе на следующую стадию роста учитывали живую массу цыплят, определяли среднесуточный прирост, поедаемость корма и затраты на прирост.

Результаты и обсуждение. В настоящее время отрасль птицеводства – одна из лидирующих в агропромышленном комплексе страны. Учитывая все технологические возможности, позволяющие проводить постоянный контроль и регулирование качества работ по содержанию и кормлению птицы, а также своевременные профилактические, а при необходимости и лечебные мероприятия, проблема выживаемости поголовья сегодня остается актуальной. Сохранность поголовья в течение всего периода выращивания является одним из основных показателей, влияющим на экономическую эффективность предприятия. Высокий процент сохранности поголовья обеспечивает снижение затрат произ-

водства за счет повышения валового продукта, а также оказывает влияние на эпизоотическую обстановку любого птицеводческого предприятия. В таблице 1 приведены данные по жизнеспособности цыплят-бройлеров в различные возрастные периоды.

Таблица 1 -Сохранность цыплят-бройлеров за весь учетный период, голов

Table 1 -Safety of broiler chickens for the entire accounting period, heads

Сутки	Сохранность цыплят-бройлеров, голов	
	Контрольная группа	Опытная группа
0	65	65
14	65	64
28	64	64
41	61	62

Анализ данных таблицы показал, что в различные периоды роста цыплят-бройлеров показатели сохранности были лучшими как в контрольной, так и опытной группах, однако по завершении опыта лучшей оказалась опытная группа – 62 головы.

На конец опытного периода сохранность цыплят-бройлеров опытной группы составила 95,4 %, что на 1,5 % выше показателей контроля (рисунок 2).

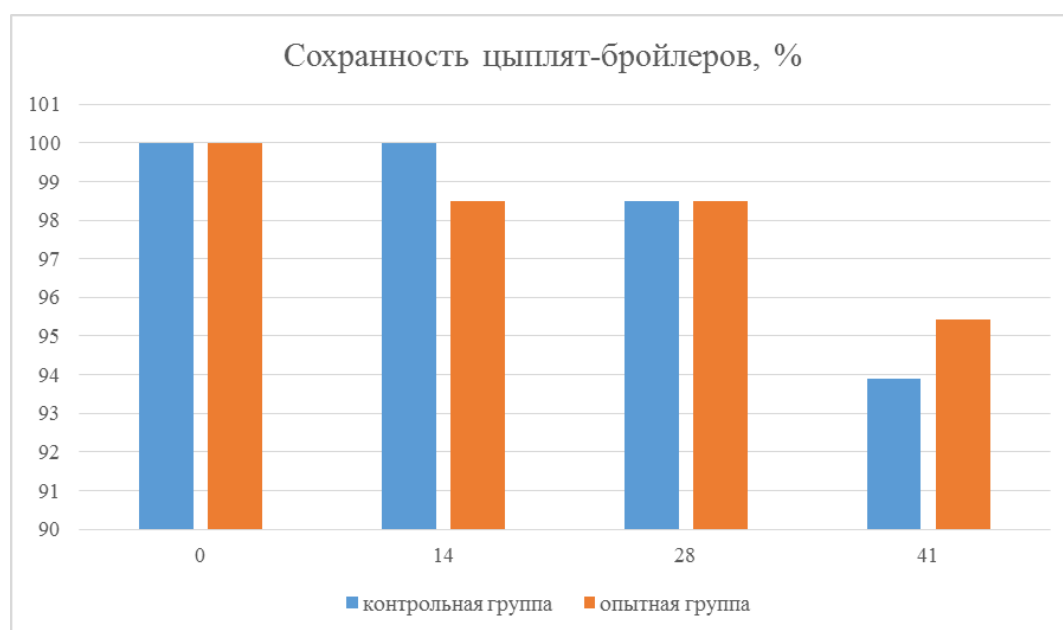


Рисунок 2 – Сохранность цыплят-бройлеров / Figure 2 – Safety of broiler chickens

В современных условиях ведения хозяйственной деятельности по выращиванию цыплят-бройлеров интенсивность определяется двумя показателями: среднесуточный прирост живой массы и затраты корма на получение 1 кг прироста.

Поедаемость корма – это то предпочтение, которое животное отдает тем или иным видам кормов при непосредственном потреблении. Этот показатель зависит от ряда различных составляющих, оказывающих непосредственное влияние на качество кормовых средств: химический состав используемой культуры, вкусовые достоинства, морфология и фаза развития растения, видовое разнообразие и т.д. Высокая поедаемость кормов птицей может в полной мере не отразить продуктивность корма, поскольку она зависит от его питательности/ калорийности и перевариваемости.

Данные о поедаемости и затратах корма на 1 кг прироста живой массы подопытных цыплят-бройлеров за время выращивания представлены на рисунке 3.

Контрольная группа	Опытная группа
• Съедено 267,931 кг • Прирост живой массы (1-41 сут) 146,263 кг • Затраты корма на 1 кг прироста ж.м. 1,83 кг	• Съедено 276,413 кг • Прирост живой массы (1-41 сут) 155,798 кг • Затраты корма на 1 кг прироста ж.м. 1,78 кг

Рисунок 3 – Поедаемость и затраты корма на 1 кг прироста живой массы цыплят-бройлеров за опытный период

Figure 3 – Feed consumption and feed costs per 1 kg of live weight gain of broiler chickens for the experimental period

Данные рисунка 3 показывают, что за период эксперимента по выращиванию птицы поедаемость кормов в опытной группе цыплят-бройлеров была выше на 8,5 кг.

В то же время затраты корма на 1 кг прироста живой массы у цыплят-бройлеров опытных групп понизились и составили 1,78, что на 0,05 кг меньше. Это подтверждают данные, отражающие среднесуточный прирост. Данные, представленные в таблице, позволяют сделать вывод о том, что при дополнительном вводе ферментов этот показатель в опытной группе превзошел показатели контрольной на 9,5 кг или 6,5 %.

Таким образом, лучшую оплату корма приростом живой массы у цыплят-бройлеров опытной группы, в сравнении с контрольной, можно объяснить тем, что введение в состав основного рациона фермента ксиланазы способствовало улучшению усвоения организмом питательных веществ.

Живая масса – основной зоотехнический показатель учета мясной продуктивности всех видов сельскохозяйственных животных и птицы.

Она отражает положительное влияние различных факторов выращивания на рост и онтогенез организма.

При проведении опыта мы учитывали прирост живой массы цыплят-бройлеров с целью определения эффективности выращивания. Её оценивали индивидуальным взвешиванием в каждой группе по возрастным периодам (рисунок 4, таблица 2).



Рисунок 4 – Изменения показателя живой массы птицы в различные возрастные периоды, г

Figure 4 – Changes in the live weight of poultry in different age periods, g

Таблица 2 – Показатели изменения живой массы по группам
с учетом достоверности результатов, г

Table 2 – Indicators of changes in live weight by groups, taking into account
the reliability of the results, voting

Сутки	Показатели достоверности результатов по группам, г	
	Контрольная группа	Опытная группа
1	41,4±0,45	41,3±0,45
14	456,3±6,70	454,9±7,00
28	1468,6±33,41	1483,8±27,30
41	2441,9±49,74	2551,3±42,46

Из приведенных данных рисунка 4 видно, что живая масса цыплят-бройлеров в суточном возрасте была аналогичной.

Показатели контрольной группы на момент 14 суток превосходили показатели опытной группы соответственно на 1,5 г (0,3 %). Но уже на 28 сутки эксперимента цыплята-бройлеры опытной группы превзошли контрольную на 15,2 г или 1,0 %.

Показатели живой массы цыплят-бройлеров контрольной группы на 41 день были меньше массы цыплят-бройлеров опытной группы на 109,4 г или 4,5 %.

Выводы. Научно-хозяйственный опыт использования ксиланазы в рационах цыплят-бройлеров позволяет сделать вывод о том, что использование фермента целесообразно, что подтверждает повышение показателей продуктивности птицы. На конец опытного периода сохранность цыплят-бройлеров опытной группы составила 95,4 %, что на 1,5 % выше показателей контроля. Живая масса цыплят-бройлеров контрольной группы на 41 день была меньше массы цыплят-бройлеров опытной группы на 109,4 г или 4,5 %. За опытный период поедаемость кормов в опытной группе цыплят-бройлеров была выше на 8,5 кг. В то же время затраты корма на 1 кг прироста живой массы у цыплят-бройлеров опытных групп понизились и составили 1,78, что на 0,05 кг меньше. Включение в рационы ксиланазы плюс к основному рациону может быть рекомендовано для использования в производственных целях.

Библиографический список

1. Влияние антиоксидантных свойств витаминов на механизмы защиты, роста и развития цыплят-бройлеров / Н. Н. Сорокина, Н. Б. Ордина, Н. С. Трубочанинова, К. В. Мезинова // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 4 (14). С. 168-183.
2. Волков С. Повышаем усвояемость рационов для бройлеров // Животноводство России. 2019. № 10. С. 10-12.
3. Ворд Н. Применение ферментов в птицеводстве // Животноводство России. 2016. № 10. С. 14-16.
4. Изменение продуктивных качеств цыплят-бройлеров на фоне энзимосодержащей диеты и экстракта *Quercus cortex* / Г. К. Дускаев, Н. М. Казачкова, А. С. Ушаков [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. С. 125-135.
5. Изучение корреляции между основными зоотехническими показателями и параметрами используемых в кормах пробиотических культур / И. А. Коцаев, К. В. Мезинова, Н. Н. Сорокина [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 4 (18). С. 123-130.
6. Калоев Б. С., Ибрагимов М. О. Улучшение биологической полноценности мяса бройлеров как результат включения в их рацион ферментных препаратов и лецитина // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58. № 1. С. 53-58.
7. Никитин А. Ю., Лебедев С. В., Гречкина В. В. Влияние ферментного препарата Ровабио на переваримость, рост и морфобиохимические показатели крови у цыплят-бройлеров кросса смена-7 // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 247-249.

8. Сравнительный анализ состава и свойств кормовых ферментных препаратов / О. Г. Короткова, Е. А. Рубцова, И. А. Шашков [и др.] // Катализ в промышленности. 2018. № 4. С. 72-78.
9. Ферментные препараты российского производителя / М. А. Силин, Л. Т. Захарова, Н. В. Ильинская, Л. В. Плаксюк // Птицеводство. 2016. № 11. С. 7-10.
10. Фисинин В. И., Егоров И. А. Современные подходы к кормлению высокопродуктивной птицы // Птица и птицепродукты. 2015. № 3. С. 27-29.
11. Шастак Е. Результаты превзошли ожидания // Животноводство России. 2017. № 5. С. 26-27.
12. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: A review / U. Gadde, W. H. Kim, S. T. Oh, H. S. Lillehoj // Anim. Health Res. Rev. 2017. V. 18. No 1. P. 26-45.
13. Efficiency of feed use by broiler chickens of the Cobb-500 cross when feeding a probiotic preparation / I. Koschayev, C. Mezinova, N. Sorokina [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. Various sources of methionine in broiler chicken rations / I. Koshchaev, K. Mezinova, A. Ryadinskaya [et al.] // E3S Web of Conferences: 8. Rostov-on-Don, 2020. P. 06009.

Информация об авторах

Лавриненко Кристина Витальевна, преподаватель кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), тел. 8 (951) 135-92-69, e-mail: k.mezinova@yandex.ru

Кощаев Иван Александрович, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (952) 422-80-15, e-mail: koshchaev@yandex.ru

Рядинская Антонина Александровна, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (903)-886-50-35, e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

Токарь Полина Игоревна, магистр 1-го курса по направлению подготовки «Зоотехния» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), тел. 8 (920) 565-26-10, e-mail: polinaourson@mail.ru

Зайцев Андрей Александрович, студент 4-го курса факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503, Россия, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, 1), 8(904)0964816, Zaycev_AA@bsaa.edu.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-38

DIAGNOSIS, TREATMENT AND SPECIFIC PREVENTION OF COLIBACTERIOSIS OF PIGLETS

E. A. Sazonova

North Caucasus Zonal Research Veterinary Institute – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre"

Received 22.09.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

The article presents data on the age-related susceptibility of piglets to colibacteriosis. The results of bacteriological and serological studies in order to establish the etiology of the disease.

Abstract

Relevance. The article presents data on the age-related susceptibility of piglets to colibacteriosis. The results of bacteriological and serological studies in order to establish the etiology of the disease. The safety of piglets in the early postnatal period is one of the main tasks in modern pig breeding. This is due to the lack

of immunoglobulins in the blood of piglets. Piglets receive immunity through colostrum, from mothers who were immunized during the deep-fat period. **Materials and methods.** Clinical studies of pigs of all ages were conducted. Pathoanatomic autopsy of piglets' corpses. *Escherichia coli* isolates were used for the work. Differential diagnostic media were used: Endo medium, Bismuth-sulfite medium, Levin medium, meat-peptone agar, Eikman medium, Simmons medium, blood agar. In the course of our work, we applied various research methods adopted in veterinary laboratory practice. The sensitivity of isolated *Escherichia coli* to antibacterial drugs was studied by the disco-diffusion method. **An object.** Clinical studies of piglets of different age groups have been conducted. **Results and discussion.** The results on antibiotic resistance of persistent strains of *Escherichia coli* isolated from the corpses of sick animals, as well as from feces taken from sick animals not treated with antibacterial drugs are presented. Fecal samples were taken from each sick animal during defecation or from the rectum, using a viscose tampon probe with a plastic applicator, in a test tube with an EISMA transport medium and charcoal. As a result of the work, various research methods approved by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation were used. Antibiotic resistance was determined by the disco-diffusion method. In total, 47 antibacterial drugs were tested for sensitivity on 93 cultures of *Escherichia coli*.

Keywords: *Escherichia coli*, colibacteriosis, bacteriology, immunology, antibiotic resistance, pig breeding, antibacterial drugs.

Citation. Sazonova E. A. Diagnosis, treatment and specific prevention of colibacteriosis of piglets. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 318-325 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-38.

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

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

УДК 619:636.4:579.62:579.64

ДИАГНОСТИКА, ЛЕЧЕНИЕ И СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРИ КОЛИБАКТЕРИОЗЕ ПОРОСЯТ

Е. А. Сазонова, научный сотрудник

Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт –
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный Ростовский аграрный научный центр», г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 22.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

**Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки по теме:
FNFZ-2022-0006 “Разработать систему комплексных ветеринарно-санитарных мероприятий по профилактике и лечению биологически безопасной продукции. Разработка новых
молекулярно-генетических и иммунологических «инструментов» лабораторной
диагностики возбудителей паразитозов, мониторинг трансмиссивных паразитарных
болезней (дирофиляриоз)**

Актуальность. В статье представлены данные по возрастной восприимчивости поросят к колибактериозу. Результаты бактериологических и серологических исследований с целью установления этиологии заболевания. Сохранность поросят в ранний постнатальный период является одной из главных задач в современном свиноводстве. Это связано с отсутствием в крови у поросят иммуноглобулинов. Иммунитет поросята получают через молозиво, от матерей, которые были иммунизированы в глубокосупоросный период. **Материалы и методы.** Проводили клинические исследования свиней всех возрастов. Патологоанатомическое вскрытие трупов поросят. Для работы использовали изоляты *E. coli*. Применяли дифференциально-диагностические среды: среда Эндо, среда Висмут-сульфит, среда Левина, мясо-пептонный агар, среда Эйкмана, среда Симмонса, кровяной агар. В процессе работы нами были применены различные методы исследований, принятые в ветеринарной лабораторной практике. Чувствительность изолированных эшерихий к антибактериальным препаратам исследовали диско-диффузионным методом. **Объект.** Проведены клинические исследования поросят разных возрастных групп. **Результаты и обсуждение.** Представлены резуль-

таты по антибиотикорезистентности персистентных штаммов *Escherichia coli*, выделенных из трупов больных животных, а также из фекалий, взятых у больных животных, не подвергавшихся лечению антибактериальными препаратами. Пробы фекалий брали от каждого больного животного во время дефекации или из прямой кишки при помощи тампона-зонда из вискозы с пластиковым аппликатором, в пробирке с транспортной средой ЭЙСМА и углем. В результате работы использовали различные методики исследований, утвержденные Министерством сельского хозяйства Российской Федерации. Антибиотикорезистентность определяли диско-диффузионным методом. Всего на чувствительность проверили 47 антибактериальных препаратов на 93 культурах *Escherichia coli*.

Ключевые слова: *Escherichia coli*, колибактериоз поросят, болезни свиней, антибиотикорезистентность, свиноводство, антибактериальные препараты.

Цитирование. Сазонова Е. А. Диагностика, лечение и специфическая профилактика при колибактериозе поросят. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 318-325. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-38.

Авторский вклад: Автор данного исследования собрал материал, проанализировал данные и написал рукопись. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В свиноводстве существует проблема сохранения поросят в ранний постнатальный период, так как новорожденные не имеют устойчивости к большинству возбудителей инфекционных болезней, в том числе к патогенной кишечной микрофлоре (в частности колибактериоза). Всё это связано с тем, что в крови поросят при рождении отсутствуют иммуноглобулины, которые являются основным фактором защиты в этот период. Невозможность трансплацентарной передачи материнских иммуноглобулинов, из-за эпителиохориального типа плаценты, новорожденные поросята получают единственный источник защиты, только через молозиво или молоко. Молозиво содержит высокий уровень иммуноглобулинов и других веществ. Поглощение иммуноглобулинов кишечником новорожденных поросят происходит не более 24 часов. В этот период молозивные иммуноглобулины адсорбируются и транспортируются в лимфопотоки и затем в кровь в нативном состоянии [5, 14].

Анализируя отечественную и зарубежную литературу, констатируем, что, несмотря на разработанные многочисленные меры профилактики и борьбы, желудочно-кишечные заболевания по-прежнему представляют сложную медико-ветеринарную проблему. В свиноводстве на долю желудочно-кишечных заболеваний приходится 60-70 % от общего числа заболеваний поросят, при этом сохраняется также очень высокая летальность, которая доходит до 50-70 %. По данным Департамента ветеринарии РФ, среди желудочно-кишечных патологий поросят, колибактериоз (эшерихиоз) составляет 30,6 % [3, 4, 12].

В крупных свиноводческих хозяйствах у молодняка разных видов сельскохозяйственных животных часто регистрируется смешанная кишечная инфекция, спровоцированная несколькими видами энтеробактерий (*Escherichia*, *Proteus*, *Citrobacter*, *Morganella*, *Klebsiella* и др.), рота-, коронавирусами [8].

Несмотря на многочисленные исследования, также имеющиеся в арсенале практической ветеринарии: вакцины, сыворотки, антибактериальные и пробиотические препараты, проблема колибактериоза далека от решения. Это заболевание ежегодно приносит сюрпризы в мире: вспышки среди людей и животных, пищевые и кормовые токсикоинфекции. Многие вопросы эпизоотологии недостаточно изучены, изменяются биологические свойства эшерихий, происходит селекция резистентных штаммов бактерий под влиянием антибиотиков, недостаточно иммуногенных вакцин и других факторов [1, 2].

Колибактериоз протекает остро, болеют новорожденные и поросята 2-3 недельного возраста. Болезнь сопровождается продолжительным поносом, беловато-желтоватого цвета, который вызывает интоксикацию и обезвоживание организма. Без лечения поросята погибают. У поросят-отъемышей 35-65 дневного возраста колибакте-

риоз наблюдается как отёчная болезнь с появлением отеков в различных органах и тканях и поражением центральной нервной системы. При бактериальных исследованиях от поросят выделяли энтеропатогенные *Escherichia coli* различных серогрупп, при отечной болезни – гемолитические варианты кишечной палочки [3, 4].

Основным источником заражения кишечными инфекциями являются больные и переболевшие поросята разных возрастов, энтеропатогенные типы кишечной палочки выделяются во внешнюю среду от свиноматок-бактерионосителей, загрязняют корма, окружающие предметы, подстилку. Также распространению болезни подвержены поросята, отстающие в росте и развитие, так как после многократных пассажей даже самые слабопатогенные эшерихии через ослабленный иммунитет приобретают вирулентность и становятся возбудителями болезни. Переносчиками возбудителя могут стать крысы, поросята заражаются алиментарным путем [6, 7, 9, 13, 15].

Таким образом, колибактериозом болеют поросята всех возрастов, но наиболее тяжело течение болезни и высокая летальность (до 50-70 %) наблюдаются у новорожденных и поросят отъемышей.

Материалы и методы. Объектами наших исследований были свиньи всех возрастов и технологических групп. Проводили клинические исследования свиней всех возрастов: хряков, свиноматок холостых, супоросных и лактирующих, поросят-сосунов, поросят-отъемышей, поросят в группах доращивания, подсвинков на откорме. Патологоанатомическое вскрытие трупов поросят.

Для работы использовали полученные изоляты *E. coli* от павших или вынужденно убитых животных разных возрастных групп. Применяли дифференциально-диагностические среды: среда Эндо, среда Висмут-сульфит, среда Левина, мясопептонный агар, среда Эйкмана, среда Симмонса, кровяной агар.

Для бактериологической диагностики колибактериоза от трупов павших и вынужденно убитых поросят отобрали патологический материал: сердце, печень с желчным пузырем, селезенку, почку, пораженный участок тонкого отдела кишечника, трубчатую кость, лимфатические узлы.

В процессе работы нами были применены различные методы исследований, принятые в ветеринарной лабораторной практике [11].

Чувствительность изолированных эшерихий к антибактериальным препаратам исследовали диско-диффузионным методом.

Бактериологические исследования проводили согласно «Методическим указаниям по бактериологической диагностике колибактериоза (эшерихиоза) животных», 2000 г.

Порядок исследования материала:

В первый день проводили первичные посевы в пробирки на мясопептонный бульон (МПБ) из отобранного патматериала от павших поросят с признаками отечной болезни (паренхиматозные органы, костный мозг, лимфатические узлы, соскобов со слизистой оболочки тонкого кишечника). Пробирки с посевами культивировались в термостате, в течение 18-24 часов, при температуре 37 °С.

На второй день – извлеченные из термостата первичные посевы в пробирках, рассевали на дифференцированные питательные среды (Эндо, Симмонса, Плоскирева, Висмут-сульфит) для дальнейшей идентификации микроорганизмов.

На третий день исследований с агара Эндо отбирали типичные для эшерихии колонии: малиново-красного цвета с металлическим блеском, округлой, выпуклой формы с гладкой поверхностью и ровными краями. Отобранные единичные колонии *E. coli* отсеивали в мясопептонный бульон (МПБ).

На четвертый день полученные на питательных средах культуры, а также культуры, обладающие гемолитическими свойствами с кровяного агара, проверили на антибиотикорезистентность диско-диффузионным методом.

Результаты и обсуждение. В свиноводческих фермерских хозяйствах Ростовской области анализировали эпизоотическую обстановку по инфекционным и незаразным болезням свиней, провели соответствующие исследования. Колибактериоз наблюдали в виде энзоотий в период массовых опоросов. Провели бактериологические исследования материалов от 100 голов поросят разного возраста.

Основным источником возбудителя инфекции являются больные и переболевшие поросята и подсинки. От свиноматок-бактерионосителей энтеропатогенные типы кишечной палочки выделяются во внешнюю среду в огромном количестве, загрязняя корма и подстилку.

Также распространению эшерихии способствуют отстающие в росте и развитии поросята. Эшерихии после многократных пассажей через организм ослабленных животных приобретают высокую вирулентность и становятся возбудителями болезни. Поросята заражаются алиментарно.

Для посмертной бактериальной диагностики колибактериоза при патологоанатомическом вскрытии трупов поросят произвели посев в мясопептонный бульон (МПБ) из следующих органов: сердце, печень, желчный пузырь, селезенка, почка, пораженный участок тонкого отдела кишечника, лимфатические узлы и трубчатая кость. Далее проводили посев из МПБ на дифференцированные среды.

После проведенных нами исследований получили следующие результаты.

На чашках Петри со средой Эндо отобрали колонии бактерий, типичные для *E. coli*: круглые с гладкой выпуклой поверхностью, с ровными краями, малиново-красного цвета с металлическим блеском. Отобранные колонии отсевали на МПБ, а также делали мазки, которые в последующем окрашивали по Граму. При микроскопии мазков нашли грамотрицательные палочки с закругленными концами, расположенные одиночно и парно, не образующие спор, что характерно для *E. coli*.

Для изучения гемолитических свойств культур и дифференциации отёчной болезни поросят полученные культуры *E. coli* дополнительно пересеивали с агар Эндо 5-6 колоний на кровяной агар в чашке Петри. Засеянные чашки отправлялись в термостат на 16-20 часов при температуре 37 °С. При посеве на кровяной агар выявили гемолитические штаммы *E. coli*, дающие полный α-гемолиз (рисунок 1).



Рисунок 1 – α-гемолиз на кровяном агаре / Figure 1 – α-hemolysis on blood agar

Все полученные культуры эшерихий были проверены на чувствительность к антибактериальным препаратам. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Устойчивость *E. coli* к антибактериальным препаратам. Всего 93 культуры

Table 1 – *E. coli* resistance to antibacterial drugs. There are 93 cultures in total

№ п/п	Наименование препарата / Name of the drug	Количество устойчи- вых культур / Number of sustainable crops	Количество устойчивых культур в % / Number of sustainable crops %
1	Цефазолин (<i>Cefazolin</i>)	19	20,4
2	Цефалексин (<i>Cephalexin</i>)	23	24,7
3	Цефтазидим (<i>Ceftazidims</i>)	7	7,5
4	Кетоконазол (<i>Ketoconazole</i>)	84	90,3
5	Линкомицин (<i>Lincomycin</i>)	84	90,3
6	Цефтриаксон (<i>Ceftriaxone</i>)	1	1,07
7	Амоксициллин (<i>Amoxicillin</i>)	76	81,7
8	Стрептомицин (<i>Streptomycin</i>)	23	27,7
9	Цефотаксим (<i>Cefotaxime</i>)	3	3,2
10	Амикацин (<i>Amikacin</i>)	7	7,5
11	Цефалотин (<i>Cephalotin</i>)	68	73,1
12	Ванкомицин (<i>Vancomycin</i>)	88	94,6
13	Неомицин (<i>Neomycin</i>)	14	15,05
14	Бензилпенициллин (<i>Benzylpenicillin</i>)	91	97,8
15	Норфлоксацин (<i>Norfloxacin</i>)	4	4,3
16	Эритромицин (<i>Erythromycin</i>)	90	96,7
17	Ципрофлоксацин (<i>Ciprofloxacin</i>)	2	2,1
18	Ампициллин (<i>Ampicillin</i>)	82	88,2
19	Канамицин (<i>Kanamycin</i>)	25	26,8
20	Оксациллин (<i>Oxacillin</i>)	91	97,8
21	Тетрациклин (<i>Tetracycline</i>)	86	92,5
22	Азтреонам (<i>Aztreonam</i>)	5	5,4
23	Левомецетин (<i>Levomycetin</i>)	28	30,1
24	Полимиксин (<i>Polymyxin</i>)	8	8,6
25	Доксициклин (<i>Doxycycline</i>)	93	100
26	Рифампицин (<i>Rifampicin</i>)	89	95,7
27	Фуразолидон (<i>Furazolidone</i>)	6	6,4
28	Гентамицин (<i>Gentamicin</i>)	8	8,6
29	Карбенициллин (<i>Carbenicillin</i>)	70	75,3
30	Нистатин (<i>Nystatin</i>)	88	94,6
31	Фурадонин (<i>Furadonin</i>)	3	3,2
32	Пиперациллин (<i>Piperacillin</i>)	39	41,9
33	Тобрамицин (<i>Tobramycin</i>)	8	8,6
34	Цефуроксим (<i>Cefuroxime</i>)	21	22,6
35	Цефоперазон (<i>Cefoperazone</i>)	7	7,5
36	Цефепим (<i>Cefepime</i>)	4	4,3
37	Фузидин (<i>Fusidine</i>)	83	89,2
38	Клотримазол (<i>Clotrimazole</i>)	69	74,2
39	Офлоксацин (<i>Ofloxacin</i>)	4	4,3
40	Бацитрацин (<i>Bacitracin</i>)	85	91,4
41	Рокситромицин (<i>Roxithromycin</i>)	90	96,7
42	Меропенем (<i>Meropenem</i>)	5	5,4
43	Клиндамицин (<i>Clindamycin</i>)	92	98,9
44	Цефаклор (<i>Cefaclor</i>)	15	16,1
45	Тилозин (<i>Tylosin</i>)	87	93,5
46	Фурагин (<i>Furagin</i>)	7	7,5
47	Энрофлоксацин (<i>Enrofloxacin</i>)	3	3,2

В таблице мы видим, что многие культуры *E. coli* оказались устойчивыми к антибактериальным препаратам, тем самым сведя результаты лечения практически к нулю.

В последующие дни проводили РА на определение серотиповой принадлежности *E. coli*, биопробу на белых мышах и определение ферментативных свойств культур.

В результате проведенных бактериологических и серологических исследований выделили от поросят патогенные штаммы *Escherichia coli* следующих серогрупп: O157; O137; O138; O139; O142; O147; O149; O115; O20; O35; O117; O102; O141; K88; A20.

Иммунитет при колибактериозе поросят пассивный, молозивный. Повышения концентрации иммуноглобулинов в молозиве и молоке добиваются путем иммунизации глубокосупоростных свиноматок. В нашей стране применяется несколько фабричных вакцин против эшерихиоза поросят. Для неблагополучных свиноферм по колибактериозу, а также сопровождающейся колиэнтеротоксемией (отечной болезнью) у поросят-отъемышей, целесообразно проводить иммунизацию супоросных свиноматок двукратно с интервалом 10 дней: в первый раз в 70-80, второй раз в 80-90 день супоросности. С учетом этиологической структуры колибактериоза в хозяйстве, необходимо применять формолвакцину поливалентную гидроокисьалюминиевую против колибактериоза (эшерихиоза) поросят, в состав которой входит взвесь инаktivированных формалином и адсорбированных гидроокись алюминия эшерихий серогрупп O8, O9, O138, O139, O78, O141 и O147.

Иммунизацию поросят проводить по схеме: на 20-25 день жизни – первый раз, в 25-30 день – второй раз. Внутримышечно, в область шеи – по 1,5-2,0 мл.

Комплексная иммунизация свиноматок и поросят до отъема позволит уменьшить заболеваемость колибактериозом новорожденных и поросят-отъемышей.

Терапия поросят должна быть направлена на восстановление нарушенного пищеварения; подавление патогенной микрофлоры, профилактику дисбактериоза и токсикоза; установление водно-солевого равновесия и повышение резистентности организма.

Этиотропная терапия предусматривает применение антибиотиков, фторхинолонов и других антибактериальных препаратов. Для этого мы и проводили исследования на чувствительность к различным препаратам штаммов *E. coli*. Наибольшую эффективность показали такие препараты, как: цефтазидим, цефтриаксон, цефотаксим, амикацин, норфлоксацин, цiproфлоксацин, азтреонам, полимиксин, фуразолидон, гентамицин, фурадонин, тобрамицин, цефоперазон, цефепим, офлоксацин, меропенем, фурагин, энрофлоксацин. Из 47 антибактериальных препаратов сработало только 18, что составило 38,3 %.

С целью восстановления нормальной микрофлоры кишечника после антибактериальной терапии необходимо применять пробиотики – биологические препараты, представляющие собой культуры симбионтных микроорганизмов или продукты их ферментации. Из пробиотиков поросятам рекомендуется выпаивать с водой бифидумбактерин 2 раза в сутки, в течение 5 дней.

Выводы. После проведенных эпизоотологических, клинических, патологоанатомических и бактериологических исследований у новорожденных поросят и поросят-сосунков (2-3-недельного возраста) установили колибактериоз, у поросят-отъемышей в послеотъемный период – колиэнтеротоксическую форму (отечную болезнь).

Появлению колибактериоза способствовали многие факторы: нарушение технологии кормления супоросных и лактирующих свиноматок, нарушения технологии подготовки маток к осеменению и опоросу; несоблюдение ветеринарно-санитарных правил проведения опороса, приёма новорожденных, выращивания поросят; нарушение санитарного режима содержания животных; недоброкачественные корма.

Беспорядочное применение антибиотиков приводит к увеличению резистентных штаммов. Возникновение резистентности усложняет лечение и приводит к увеличению количества заболевших животных и, как следствие, летальных исходов. Все это неблагоприятно сказывается на экономической составляющей хозяйств.

Библиографический список

1. Антибиотикорезистентность клинических изолятов *Escherichia coli*, выделенных от животных / М. Н. Исаков [и др.] // Ветеринария сегодня. 2022. № 11 (1). С. 14-19.
2. Антибиотикоиндуцированная морфологическая пластичность кишечной палочки, изолированной от животных / Р. Б. Корочкин, И. А. Красочко, С. Н. Гвоздев, Р. А. Кривонос, О. Ю. Черных, А. А. Лысенко // Ветеринария Кубани. 2019. № 5.
3. Ассоциативные желудочно-кишечные и респираторные заболевания свиней в Краснодарском крае / Н. Н. Кружнов, И. А. Болоцкий, В. И. Семенов, Е. В. Иванасов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 2. С. 53-54.
4. Значение факторов вирулентности эшерихий при получении вакцин против колибактериоза / А. П. Медведев, А. А. Вербицкий, В. Н. Алешкевич, В. М. Меньшиков // Ученые записки УО ВГАВМ. 2016. Т. 52. Вып. 2. С. 53-54.
5. Исследование резистентности бактериальных возбудителей желудочно-кишечных и респираторных болезней поросят к антимикробным препаратам / А. Г. Шахов, Л. Ю. Сашнина, М. И. Лебедев, Е. В. Лебедева // Доклады РАСХН. 2011. № 2. С. 53-55.
6. Колибактериоз и меры борьбы с ним в свиноводческих комплексах / Е. Солдатенко, О. Черных, Е. Сазонова [и др.] // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2022. № 3. С. 22-25.
7. Мониторинг инфекционных болезней у крупного рогатого скота на Северном Кавказе / Л. В. Шевченко, Ю. Д. Дробин, О. Ю. Черных [и др.] // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 55-3. С. 40-44.
8. Новикова Е. Н., Тищенко А. С., Мартыненко Я. Н. Распространение колибактериоза свиней в Краснодарском крае // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 136. С. 201-210.
9. Профилактика колибактериоза и сальмонеллеза свиней в условиях промышленных комплексов / Н. А. Солдатенко, Ю. Д. Дробин, А. В. Коваленко, Е. А. Сазонова // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных: материалы международной научно-практической конференции. Донской государственный аграрный университет, 2018. С. 149-153.
10. Сазонова Е. А. Антибиотикорезистентность и ее альтернативы // Ветеринария Северного Кавказа. 2021. № 2. С. 49-52. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47420847>.
11. Сазонова Е. А., Солдатенко Н. А. Устойчивость к лекарственным препаратам выделенных патогенов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 238-246. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47597028>.
12. Скориков А. В., Новикова Е. Н., Иванасова Е. В. Мониторинг заболеваемости свиней колибактериозом в Краснодарском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 124-129. <https://e.lanbook.com/journal/issue/306409>.
13. Солдатенко Н. А., Сазонова Е. А. Комплексная диагностика при заболеваниях свиней // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 55-3. С. 36-39.
14. Солдатенко Н. А. Распространение возбудителей бактериальных инфекций в свиноводческих хозяйствах юга России // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 54-2. С. 51-53.
15. Шевченко А. А., Торопыно А. В., Шеченко Л. В. Бактериологическое исследование при эшерихиозе // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 71. С. 97-102. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35359012>.

Информация об авторе

Сазонова Екатерина Александровна, научный сотрудник Творческого коллектива по изучению инфекционной патологии животных СКЗНИВИ — филиал ФГБНУ ФРАНЦ (РФ, 346421 ул. Ростовское шоссе 0, г. Новочеркасск Ростовская область), тел. 8-951-495-87-81 e-mail: yek.sazonowa2013@yandex.ru

STUDY OF THE PHARMACOLOGICAL ACTIVITY OF PHYTOSOMIN IN BROILER CHICKENS

O. I. Vasiliadi, E. V. Kuzminova, M. P. Semenenko, E. P. Dolgov

FSBSI «Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine»,

Received 12.08.2022

Submitted 01.12.2022

Summary

The article presents data on the study of the pharmacological activity of the drug phytosomin in experimental modeling of transport stress in broiler chickens. Phytosomin contains plant components - dihydroquercetin and silymarin, as a phospholipid base - soy lecithin. The drug has an innovative dosage form - a phytosome, which has a high solubility in lipid and aqueous media, allows increasing the bioavailability of the drug in the body, ensures its targeted delivery, which significantly increases the effectiveness of the pharmacological action, while reducing the therapeutic dosage. According to the results of the study, it was determined that the drug phytosomin exhibits significant pharmacological activity in broiler chickens during transport stress. Preventive introduction of the drug into the diet of poultry during the periods, accompanied by the impact of negative factors, allows increasing the adaptive capabilities of the body of broiler chickens, reducing the clinical manifestations of the stress reaction, improving body weight dynamics and optimizing blood counts.

Abstract

Introduction. At the present time there is a clear trend towards an increase in the pathology of the hepatobiliary system among animals. In industrial poultry farming, the problem is aggravated by the fact that, as a result of targeted selection for high productivity specialized crosses are used, which are characterized by high production yields, but lower resistance to various stress factors compared to traditional breeds. One of the target organs sensitive to stress is the liver. Taking this in account, an urgent task of modern veterinary pharmacology is the development and implementation of effective hepatoprotective drugs in the practice of poultry farming that additionally have adaptogenic activity. **Object.** The object of the study is the drug phytosomin, which includes dihydroquercetin and silymarin, as a phospholipid base soy lecithin was used. **Materials and methods.** For the experiment 30 broiler chickens of the ROSS 308 cross at the age of 23 days were selected by the method of paired analogues, which were divided into 3 groups of 10 heads each: group 1 received phytosomin at the dose of 10 g / kg of feed for 14 days (7 days before transportation and a week after); poultry of groups 2 and 3 were kept on a normal diet without the use of drugs. Chickens of groups 1 and 2 were subjected to stress by transporting livestock for 2 hours at a speed of 60 km/h over a distance of 100 km (in containers with air access, without water and feed, in a crowded state). An additional stressful effect was a high ambient temperature of +30 °C. The poultry of the 3rd intact group did not participate in the modeling of transport stress. Before transportation and immediately after it, the physiological parameters of chickens (temperature and respiration) were measured, as well as body weight was determined. For biochemical and general blood analysis, blood was taken from 5 chickens from each group two hours later, on the third and on the seventh day after transportation. Laboratory blood tests were performed using automated analyzers - biochemical Vitalab Flexor and hematological Mythic 18 vet. The obtained digital data were processed by the methods of variation statistics with the determination of the significance of values according to the Student's t-test and the level of significance of differences in indicators by groups. **Results and conclusions.** It has been determined that the drug phytosomin exhibits significant pharmacological activity in broiler chickens during transport stress. Preventive introduction of the drug into the diet of poultry during periods accompanied by the impact of negative factors allows increasing the adaptive capabilities of the body of broiler chickens, reducing the clinical manifestations of a stress reaction, improving body weight dynamics and optimizing blood counts.

Keywords: broiler chickens, transport stress, phytosomin, pharmacological activity, dihydroquercetin, silymarin, phytosome

Citation. Vasiliadi O. I., Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Dolgov E. P. Study of the pharmacological activity of phytosomin in broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 326-334 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-39.

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

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

УДК 619:615.4 / 636.5

ИЗУЧЕНИЕ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТА ФИТОСОМИН НА ЦЫПЛЯТАХ-БРОЙЛЕРАХ

О. И. Василиади, аспирант

Е. В. Кузьминова, доктор ветеринарных наук, доцент

М. П. Семененко, доктор ветеринарных наук, доцент

Е. П. Долгов, кандидат ветеринарных наук

ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 12.08.2022

Дата принятия к печати 01.12.2022

Актуальность. На сегодняшний день существует отчетливая тенденция к увеличению патологий гепатобилиарной системы среди животных. В промышленном птицеводстве проблема усугубляется и тем, что вследствие направленной селекции на высокую продуктивность используются специализированные кроссы, отличающиеся высокими показателями выхода продукции, но более низкой, по сравнению с традиционными породами, устойчивостью к различным стресс-факторам. Одним из органов-мишеней, чувствительных к стрессирующему воздействию, является печень. С учетом этого актуальной задачей современной ветеринарной фармакологии является разработка и внедрение в практику птицеводства эффективных гепатопротекторных препаратов, дополнительно обладающих адаптогенной активностью. **Объект.** Объект исследования – препарат фитосомин, в состав которого входят дигидрокверцетин и силимарин, в качестве фосфолипидной основы использован соевый лецитин. **Материалы и методы.** Для опыта методом парных аналогов было отобрано 30 цыплят-бройлеров кросса РОСС 308 в возрасте 23 дней, которых разделили на 3 группы по 10 голов в каждой: 1 группа получала фитосомин из расчета 10 г / кг корма в течение 14 дней (7 дней до транспортировки и неделю после); птица 2 и 3 групп содержалась на обычном рационе без применения препаратов. Цыплята 1 и 2 групп подвергались стрессирующему воздействию посредством транспортировки поголовья в течение 2 часов со скоростью 60 км/ч на расстояние 120 км (в контейнерах с доступом воздуха, без воды и корма, в скученном состоянии). Дополнительным стрессирующим фактором являлась высокая температура окружающей среды + 30 °С. Птица 3 интактной группы не участвовала в моделировании транспортного стресса. Перед транспортировкой и сразу после нее измеряли физиологические показатели цыплят (температура и дыхание), а также определяли массу тела. Для проведения биохимического и общего анализа крови отобрали кровь у 5 голов из каждой группы через два часа, на третий и на седьмой день после транспортировки. Лабораторные исследования крови проводили при помощи автоматизированных анализаторов – биохимического Vitalab Flexor и гематологического Mythic 18 vet. Полученные цифровые данные обработаны методами вариационной статистики с определением достоверности значений по t-критерию Стьюдента и уровня достоверности различий показателей по группам. **Результаты и выводы.** Установлено, что препарат фитосомин проявляет значительную фармакологическую активность при транспортном стрессе у цыплят-бройлеров. Превентивное введение препарата в рацион сельскохозяйственной птицы в периоды, сопровождаемые воздействием негативных факторов, позволяет увеличить адаптационные возможности организма цыплят-бройлеров, снизить клинические проявления стрессовой реакции, улучшить динамику массы тела, а также оптимизировать показатели крови.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, транспортные стрессы цыплят, фитосомин, дигидрокверцетин, силимарин, транспортировка цыплят.

Цитирование. Василиади О. И., Кузьмина Е. В., Семененко М. П., Долгов Е. П. Изучение фармакологической активности препарата фитосомин на цыплятах-бройлерах. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 326-334. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-39.

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 главной задачей агропромышленного комплекса Российской Федерации является обеспечение продовольственной безопасности страны. Птицеводство способно в короткие сроки увеличить производство продовольственной продукции, однако применяемые интенсивные технологии при промышленном выращивании птицы предусматривают использование специализированных кроссов, отличающихся высокой продуктивностью, но более низкой, по сравнению с традиционными породами, устойчивостью к различным стресс-факторам. Дополнительно концентрация большого поголовья в ограниченном пространстве, нарушение параметров микроклимата, автоматизация производственных процессов и многое другое усугубляют состояние стрессовой дезадаптации птицы [2, 4, 10, 14].

Известно, что стрессовая нагрузка способна вызывать широкий спектр морфофункциональных изменений в организме. Одним из органов-мишеней, чувствительных к действию негативных факторов, является печень. Стресс может способствовать развитию дегенеративных и деструктивных изменений, застойных явлений, холестаза в печеночной ткани, нарушению репаративных процессов в гепатоцитах и др. Болезни печени у сельскохозяйственной птицы снижают продуктивность и сохранность поголовья, что приводит к значительным экономическим потерям в отрасли [1, 5, 7].

С учетом этого актуальной задачей современной ветеринарной фармакологии является разработка и внедрение в практику птицеводства эффективных гепатопротекторных препаратов, дополнительно обладающих адаптогенной активностью.

Объект исследования – препарат фитосомин, в состав которого входят дигидрокверцетин и силимарин, в качестве фосфолипидной основы использован соевый лецитин. Препарат имеет инновационную лекарственную форму – фитосому.

Фитосома – это флавоноидная молекула, связанная по крайней мере с одной молекулой фосфатидилхолина, которая обладает высокой растворимостью в липидной и в водной средах, позволяет увеличивать биодоступность в организме лекарственного вещества, обеспечивает его направленную доставку, что значительно повышает эффективность фармакологического действия при снижении дозы [3, 9].

Растительные компоненты, входящие в состав препарата, обладают преимущественно гепатопротекторным действием, а также антиоксидантными и метаболическими свойствами, что позволяет применять фитосомин не только для лечения заболеваний печени, но и для повышения адаптационного потенциала организма.

Дигидрокверцетин является биофлавоноидом природного происхождения, который обладает мощным антиоксидантным действием, гепатопротекторными, антиоксидантными, противоотечными, ангиопротекторными свойствами, способствует уменьшению проницаемости и ломкости капилляров, снимает спазмы гладкой мускулатуры. Благодаря своей структуре способствует снижению подвижности липидов, входящих в состав мембраны клеток и тем самым стабилизирует мембраны в условиях окислительного стресса [8, 12].

Силимарин оказывает стабилизирующее воздействие на мембрану гепатоцитов, активизирует синтез белков и ферментов, тормозит проникновение токсинов в клетку, ингибирует дистрофические и потенцирует регенеративные процессы в печени, обладает антиоксидантной, противовоспалительной и антиаллергической активностью [6, 11, 13].

Цель исследований – изучение фармакологической активности препарата фитосомин при экспериментальном транспортном стрессе у цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Фармакологическую активность препарата фитосомин изучали на модели острого транспортного стресса, экспериментально воспроизведенного на сельскохозяйственной птице. Опыт проводился на цыплятах-бройлерах кросса РОСС 308, которых в двухнедельном возрасте разместили в условиях вивария Краснодарского НИВИ, где птица содержалась в одноярусных клеточных батареях с сетчатым полом, желобковыми (наружными) кормушками, вакуумными и ниппельными поилками. Условия содержания и кормления – световой и температурный режим, влажность, плотность посадки, полнорационные комбикорма – соответствовали рекомендациям ВНИТИП (2005).

После акклиматизационного периода в возрасте 23 дней методом парных аналогов было сформировано 3 группы птицы по 10 голов в каждой: 1 группа получала фитосомин из расчета 10 г / кг корма в течение 14 дней (7 дней до транспортировки и неделю после); птица 2 и 3 групп содержалась на стандартном рационе без применения препаратов. Препарат вводили с кормом используя технологию многоступенчатого смешивания.

В месячном возрасте цыпленок 1 и 2 группы подвергались модельному стресс-воздействию посредством транспортировки поголовья в течение 2 часов со скоростью 60 км/ч на расстояние 120 км (в контейнерах с доступом воздуха, без воды и корма, в скученном состоянии). Дополнительным стресс-фактором являлась высокая температура окружающей среды + 30 °С. Птица 3 интактной группы не участвовала в моделировании транспортного стресса. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта по изучению фармакологической активности препарата фитосомин при транспортном стрессе у цыплят-бройлеров

Table 1 – Scheme of the experiment on the study of the pharmacological activity of the drug phytosomin in experimental transport stress in broiler chickens

Группы (n=10) / Groups (n=10)	Условия эксперимента / Experiment conditions	
1	Транспортировка птицы в течение 2 часов со скоростью 60 км/ч на расстояние 120 км (в контейнерах с доступом воздуха, без воды и корма, в скученном состоянии). Дополнительным стрессорным фактором являлась высокая температура окружающей среды / Transportation of poultry for 2 hours at the speed of 60 km / h for a distance of 120 km (in containers with air access, without water and feed, in a crowded state). An additional stressful effect was the high ambient temperature	Фитосомин в дозе 10 г на кг корма 7 дней до транспортировки и неделю после / Phytosomin at a dose of 10 g per kg of feed 7 days before the experiment and a week after transportation
2		Рацион без применения препаратов / Diet without drugs
3	Интактная птица / Intact poultry	

Перед транспортировкой и сразу после нее измеряли физиологические показатели цыплят (температуру и дыхание), а также определяли массу тела. Для проведения биохимического и общего анализа крови отобрали кровь у 5 голов из каждой группы через два часа, на третий и на седьмой день после транспортировки.

Лабораторные исследования крови проводили при помощи автоматизированных анализаторов – биохимического Vitalab Flexor и гематологического Mythic 18 vet.

Полученные цифровые данные обработаны методами вариационной статистики с определением достоверности значений по t-критерию Стьюдента и уровня достоверности различий показателей по группам.

Результаты. При транспортировке птица подвергалась воздействию шума, вибрации, высокой температуры окружающей среды, перевозка осуществлялась в клетках при скученном состоянии, без воды и корма, что клинически проявлялось сильным

угнетением цыплят-бройлеров. Сразу после транспортировки у птицы 2 группы (без применения препаратов) были зафиксированы наиболее выраженные признаки стрессового состояния: бледность гребешка, анемичность слизистых оболочек, учащенное дыхание через открытый клюв, мышечная дрожь. У цыплят 1 группы отмечалось только учащенное дыхание через открытый клюв и незначительная бледность гребешка.

Измерением физиологических показателей установлено, что птица 1 группы, превентивно получавшая фитосомин, была лучше приспособлена к стрессовым нагрузкам. Так, температура тела у этих цыплят после транспортировки практически не увеличилась, разница с интактной группой составила 1 %, а во 2 группе повысилась на 1,9 %. Частота дыхательных движений в 1 группе увеличилась в сравнении с 3 группой на 44,3 %, а во 2 группе – на 65,9 %. Достоверная разница между 1 и 2 группами составляет 14,9 %. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние препарата фитосомин на физиологические показатели цыплят-бройлеров при моделировании транспортного стресса ($M \pm m$; $n=10$)

Table 2 – Influence of the drug phytosomin on the physiological parameters of broiler chickens in the simulation of transport stress ($M \pm m$; $n=10$)

Показатель / Indicators	Группы / Group		
	1	2	3
	До транспортировки / Before transportation		
Температура, °C / Temperature, °C	41,2±0,08	41,1±0,06	41,2±0,16
Дыхание, чдд / Breathing, RR	44,7±1,2	45,1±2,1	42,6±1,8
Сразу после транспортировки / Immediately after transportation			
Температура, °C / Temperature, °C	41,7±0,11	42,1±0,24	41,3±0,09
Дыхание, чдд / Breathing, RR	62,2±2,5*	71,5±1,8	43,1±2,3

Степень достоверности: * $p \leq 0,05$ по отношению ко 2 группе

Анализ данных динамики массы тела цыплят показал, что в 1 опытной группе от начала эксперимента и после 7-дневного применения фитосомина на момент транспортировки был зафиксирован наибольший показатель привесов, составивший 27,2 %, в то время как во 2 группе масса тела бройлеров увеличилась на 15,3 %, а в контроле – на 17,8 %. Данный фармакологический эффект препарата связан не столько с входящими в его состав липидными компонентами, сколько с положительным влиянием на функцию печени, что улучшает метаболизм организма птицы в целом и способствует эффективному набору массы тела. Сразу после моделирования транспортного стресса у опытной птицы отмечалась потеря массы тела: в 1 группе – на 2,3 %; во 2 группе – на 3,8 %. Затем в течение 7 дней во всех группах зарегистрирован положительный прирост массы тела поголовья: на 14 день опыта привес по 1 группе за весь период исследований составил 74,3 %; по 2 группе – 56,2 %; в контрольной группе – 68,9 %. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние препарата фитосомин на динамику массы тела цыплят-бройлеров при моделировании транспортного стресса. ($M \pm m$; $n=10$)

Table 3 – Influence of the drug phytosomin on the dynamics of body weight of broiler chickens during the simulation of transport stress. ($M \pm m$; $n=10$)

Группа / Group	Масса тела, кг / Body weight, kg					
	Фоновые значения (начало опыта) / Background values (beginning of experience)	До транспортировки / Before transportation	Сразу после транспортировки / Immediately after transportation	Через 3 дня / In 3 days	Через 7 дней / In 7 days	Привес, % / Weight gain, %
1	1,36±0,07	1,73±0,02**	1,69±0,02	1,98±0,06	2,37±0,04*	74,3
2	1,37±0,05	1,58±0,06	1,52±0,03	1,73±0,07	2,14±0,08	56,2
3	1,35±0,09	1,59±0,04	1,59±0,04	1,86±0,08	2,28±0,06	68,9

Степень достоверности: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ по отношению к контролю

При воздействии стресс-факторов организм проявляет ответную адаптационную реакцию, которая влечет за собой сдвиги в клеточном составе крови, что нашло подтверждение в результатах общего анализа крови (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние препарата фитосомин на гематологические показатели крови цыплят-бройлеров при экспериментальном моделировании транспортного стресса ($M \pm m$; $n=5$)

Table 4 – Influence of the drug phytosomin on hematological blood parameters of broiler chickens in experimental modeling of transport stress ($M \pm m$; $n=5$)

Показатели / Indicators	Группы / Group		
	1 опытная / 1 Experimental	2 опытная / 2 Experimental	3 – контроль / 3 – Control
Через 2 часа после транспортировки / 2 hours after transportation			
Лейкоформула, %: / Leukocyte formula, %:	3,73 $\pm$ 0,53	2,85 $\pm$ 0,64*	4,56 $\pm$ 0,42
Эозинофилы / Eosinophils			
Моноциты / Monocytes	6,78 $\pm$ 0,49	7,04 $\pm$ 0,32	6,25 $\pm$ 0,28
Лимфоциты / Lymphocytes	49,76 $\pm$ 1,59*	43,78 $\pm$ 2,03**	61,35 $\pm$ 1,75
Базофилы / Basophils	5,54 $\pm$ 0,32	6,81 $\pm$ 0,28*	4,49 $\pm$ 0,54
Гетерофилы / Heterophiles	34,19 $\pm$ 0,47*	39,52 $\pm$ 0,55**	23,35 $\pm$ 0,42
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / WBC, 10 ⁹ /l	22,94 $\pm$ 0,73	23,29 $\pm$ 0,38	23,73 $\pm$ 0,59
Эритроциты, 10 ¹² /л / RBC, 10 ¹² /l	2,71 $\pm$ 0,18	2,53 $\pm$ 0,31	2,62 $\pm$ 0,26
Гематокрит, % / Ht, %	51,16 $\pm$ 2,01	55,73 $\pm$ 1,74*	43,52 $\pm$ 1,15
Гемоглобин, г/л / Hb, g/l	124,8 $\pm$ 2,38	131,1 $\pm$ 1,62	127,8 $\pm$ 0,72
На 3 день / In 3 days			
Лейкоформула, %: / Leukocyte formula, %:	4,56 $\pm$ 0,47	4,04 $\pm$ 0,54	4,61 $\pm$ 0,69
Эозинофилы / Eosinophils			
Моноциты / Monocytes	6,23 $\pm$ 0,51	6,32 $\pm$ 0,63	6,28 $\pm$ 0,73
Лимфоциты / Lymphocytes	55,04 $\pm$ 2,12	51,35 $\pm$ 1,98*	60,85 $\pm$ 1,57
Базофилы / Basophils	4,61 $\pm$ 0,09	4,53 $\pm$ 0,17	4,37 $\pm$ 0,22
Гетерофилы / Heterophiles	29,56 $\pm$ 0,35	33,76 $\pm$ 0,63*	23,89 $\pm$ 0,30
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / WBC, 10 ⁹ /l	23,46 $\pm$ 0,28	24,02 $\pm$ 0,71	23,59 $\pm$ 0,67
Эритроциты, 10 ¹² /л / RBC, 10 ¹² /l	2,64 $\pm$ 0,17	2,48 $\pm$ 0,25	2,73 $\pm$ 0,13
Гематокрит, % / Ht, %	45,7 $\pm$ 0,61	47,73 $\pm$ 0,58	42,91 $\pm$ 0,77
Гемоглобин, г/л / Hb, g/l	126,5 $\pm$ 0,49	129,7 $\pm$ 0,72	125,6 $\pm$ 0,54
На 7 день / In 7 days			
Лейкоформула, %: / Leukocyte formula, %:	4,53 $\pm$ 0,42	4,08 $\pm$ 0,61	4,43 $\pm$ 0,37
Эозинофилы / Eosinophils			
Моноциты / Monocytes	6,38 $\pm$ 0,28	6,56 $\pm$ 0,32	6,31 $\pm$ 0,18
Лимфоциты / Lymphocytes	62,26 $\pm$ 2,05	58,88 $\pm$ 1,88	61,18 $\pm$ 1,58
Базофилы / Basophils	4,07 $\pm$ 0,09	4,47 $\pm$ 0,16	4,62 $\pm$ 0,19
Гетерофилы / Heterophiles	22,76 $\pm$ 0,68	26,01 $\pm$ 0,54	23,46 $\pm$ 0,47
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / WBC, 10 ⁹ /l	23,03 $\pm$ 0,28	23,76 $\pm$ 0,35	23,42 $\pm$ 0,39
Эритроциты, 10 ¹² /л / RBC, 10 ¹² /l	2,7 $\pm$ 0,16	2,6 $\pm$ 0,24	2,5 $\pm$ 0,08
Гематокрит, % / Ht, %	43,56 $\pm$ 0,67	42,81 $\pm$ 0,89	43,75 $\pm$ 1,12
Гемоглобин, г/л / Hb, g/l	131,5 $\pm$ 0,15	126,9 $\pm$ 0,22	129,4 $\pm$ 0,37

Степень достоверности: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ по отношению к контролю

Так, через 2 часа после транспортировки в опытных группах отмечалось снижение количества эозинофилов и лимфоцитов на фоне увеличения содержания моноцитов, базофилов и гетерофилов в сравнении с интактным контролем. В 1 группе разница в уровне эозинофилов составила 18,2 % и лимфоцитов – 18,9 %.

Во 2 опытной группе снижение по эозинофилам составило 37,5 %, лимфоцитам – 28,6 %. Как известно, по изменениям в показателях белой крови можно косвенным методом оценивать функциональное состояние желез внутренней секреции. Так, снижение количества эозинофилов указывает на активацию деятельности коры надпочечников.

Моноциты увеличились в 1 опытной группе на 8,5 %, а во 2 группе – на 12,6 %. Уровень базофилов повысился в 1 группе на 23,4 %, во 2 группе – на 51,7 %, а гетерофилов – на 46,4 и 69,3 % соответственно. При этом максимальные изменения в крови у опытной птицы отмечались в первые 2 часа после транспортировки.

К 3 дню наблюдений направленность лейкоцитарных сдвигов изменилась на противоположную сторону, отмечалось снижение общего количества моноцитов, базофилов, гетерофилов на фоне увеличения количества эозинофилов и лимфоцитов. На 7 день наблюдений показатели в 1 группе с применением препарата максимально приблизились к значениям контрольной группы, в то время как во 2 группе все еще были отмечены изменения.

Установлено, что во всех опытных группах наблюдалось увеличение показателей гематокрита, что свидетельствовало о сгущении крови. Данные изменения могут быть связаны с обезвоживанием организма на фоне стрессовой реакции, так как птица перевозилась в скученном состоянии в условиях отсутствия воды и еды, при высокой температуре окружающей среды. Так, в 1 группе гематокрит сразу после транспортировки был больше интактного контроля на 17,6 %, а во 2 опытной группе – на 28,1 %. Далее показатели гематокрита в обеих опытных группах снижались и приближались к показателям контроля, что связано с нормализацией общего состояния цыплят.

В результате проведенного биохимического анализа крови у птицы после транспортировки было зарегистрировано увеличение уровня АсАТ, АлАТ, глюкозы, также отмечалось снижение концентрации общего белка. Результаты исследования представлены в таблице 5.

Так, показатели АсАТ и АлАТ значительно увеличились на 3 день после транспортировки, и разница с контролем составила: в 1 группе 20,0 и 67,7 %, соответственно; во 2 группе – 37,1 и 181,2 %. К концу опыта активность ферментов стала снижаться и практически приблизилась к показателям контрольной группы в обеих опытных группах. Разница с интактной птицей на 7 день составила: по АсАТ в 1 группе – 1,4 %, во 2 группе – 10,0 %; по АлАТ в 1 группе 5,6 %, во 2 группе – 18,4 %. Изменения в показателях между опытными группами можно объяснить тем, что цыплята-бройлеры в группе без применения препарата имели более низкий адаптационный потенциал и были больше подвержены воздействию стресса. Отмечено значительное повышение глюкозы в сыворотке крови сразу после транспортировки, что свидетельствует о воздействии стрессовой реакции на организм птицы и активацию фазы тревоги или мобилизации (длительность 3–48 часов), вследствие чего повышается уровень адренокортикотропного гормона и кортикоидов, увеличивающих уровень глюкозы. В 1 группе сразу после транспортировки разница с контролем составила 43,6 %, во 2 группе – 81,2 %. Через 3 дня наступила фаза резистентности, характеризующаяся восстановлением биохимических показателей до пределов физиологической нормы, тем не менее, показатели глюкозы в 1 группе были больше контроля на 9,0 %, а во 2 группе – на 29,5 %.

Анализируя данные по содержанию общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров, зафиксировали снижение показателя на 3 день после транспортировки, что, по-видимому, связано со снижением аппетита на фоне стрессового состояния птицы и нарушением протеинсинтетической функции печени. Так, показатели общего белка в 1 группе на 3 день после стрессовой нагрузки были ниже данных контрольной группы на 3,7 %, а во 2 группе – на 18,2 %. В дальнейшем его концентрация в 1 опытной группе увеличилась и приблизилась к показателям контроля, а во 2 группе разница составила 9,0 %.

Таблица 5 – Влияние препарата фитосомин на биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при экспериментальном моделировании транспортного стресса ($M \pm m$; $n=5$)

Table 5 – Influence of the drug phytosomin on the biochemical parameters of the blood of broiler chickens in experimental modeling of transport stress ($M \pm m$; $n=5$)

Показатель / Indicator	Группы / Groups		
	1 опытная / 1 Experimental	2 опытная / 2 Experimental	3 – контроль / 3 – Control
	Через 2 часа после транспортировки / 2 hours after transportation		
АсАТ, Ед/л / AST, U/l	231,8±9,5	245,9±18,3	226,3±11,8
АлАТ, Ед/л / ALT, U/l	15,3±0,19	25,4±0,21*	12,6±0,14
Глюкоза, мМ/л / Glucose, mM/l	16,8±0,14*	21,2±0,23**	11,7±0,12
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	36,7±0,58	35,1±0,36	37,3±0,54
На 3 день / In 3 days			
АсАТ, Ед/л / AST, U/l	264,7±11,1	302,5±9,2*	220,6±8,6
АлАТ, Ед/л / ALT, U/l	22,3±1,56*	37,4±1,23**	13,3±1,22
Глюкоза, мМ/л / Glucose, mM/l	13,3±0,35	15,8±0,67	12,2±0,43
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	34,9±1,39	29,7±1,56*	36,3±0,97
На 7 день / In 7 days			
АсАТ, Ед/л / AST, U/l	227,6±9,9	246,9±7,5	224,4±13,8
АлАТ, Ед/л / ALT, U/l	13,2±1,05	14,8±1,17	12,5±0,95
Глюкоза, мМ/л / Glucose, mM/l	12,1±0,17	14,4±0,46	11,9±0,39
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	36,3±1,68	33,5±0,87	36,8±1,12

Степень достоверности: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ по отношению к контролю

Выводы. По результатам проведенного исследования установлено, что препарат фитосомин проявляет значительную фармакологическую активность при транспортном стрессе у цыплят-бройлеров. Его применение птице обуславливало снижение клинических проявлений стрессовой реакции, улучшение динамики массы тела, а также оптимизации показателей крови.

Библиографический список

1. Анатомио-гистологические параметры печени бройлеров при стрессе / С. В. Козлова, Е. П. Краснолобова, С. А. Веремеева, Н. А. Череменина // Вестник КрасГАУ. 2021. № 5 (170). С. 109-115.
2. Горковенко Л. Г., Осепчук Д. В., Петенко А. И. Ресурсосберегающие подходы к кормлению птицы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 115. С. 1–10.
3. Зверев Я. Ф., Рыкунова А. Я. Современные наноносители как фактор повышения биодоступности и фармакологической активности флавоноидов // Биотехнология. 2022. Т. 38. № 1. С. 47-68.
4. Кошчаев А. Г., Щербатов В. И. Птицеводство: из прошлого – в будущее // Птицеводство. 2019. № 5. С. 6–7.
5. Литвиненко А. Н., Зиновкин Д. А., Угольник Т. С. Морфологические и морфометрические параметры ткани печени лабораторных животных после моделирования хронического стресса // Проблемы здоровья и экологии. 2018. № 4 (58). С. 56–60.
6. Оковитый С. В. Комбинированное применение гепатопротекторов // Лечащий врач. 2020. № 8. С. 38–43.
7. Система фармакопрофилактики заболеваний печени у высокопродуктивного молочного скота / Е. В. Кузьмина, М. П. Семененко, С. И. Кононенко, Н. Н. Забашта // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 121-132.
8. Сравнительный анализ антиоксидантной активности кверцетина и дигидрокверцетина при экспериментальном гипотиреозе / Ш. Т. Хайдаров, Ж. Туйчибоев, А. Жамолдинов, Г. М. Джаббарова, М. Р. Зарипова, У. Р. Юсупова // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. 2021. № 4 (82). <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/11506>.

9. Фитосомы – инновационная технология доставки растительных компонентов / В. Ю. Жилкина, А. И. Марахова, П. Кезимана, Е. В. Блынская // Успехи современного естествознания. 2015. № 11–1. С. 31–34.

10. Эффективность адаптогумина при технологическом стрессе у кур-несушек / Е. В. Кузьмина, М. П. Семенов, Д. В. Осепчук, Н. А. Юрина, Д. В. Антипова, И. С. Жолобова // Комбикорма. 2020. № 7–8. С. 79–81.

11. Efficacy of silymarin-phospholipid complex in reducing the toxicity of aflatoxin B1 in broiler chicks / D. Tedesco, S. Steidler, S. Galletti, M. Tameni, O. Sonzogni, L. Ravarotto // Poult Sci. 2004. № 83 (11). P. 1839-1843.

12. Feeding dihydroquercetin to broiler chickens / V. Pirgozliev, C. Westbrook, S. Woods, M. R. Karagecili, F. Karadas, S. P. Rose, S. C. Mansbridge // Br Poult Sci. 2018. P. 1-5.

13. Hepatoprotective effects of silymarin on CCl4-induced hepatic damage in broiler chickens model / A. Baradaran, F. Samadi, S. S. Ramezani, S. Yousefdoost // Toxicol Rep. 2019. P. 788-794.

14. Transport-related stress and its resolution in turkey pullets: activation of a pro-inflammatory response in peripheral blood leukocytes / Y. Wein, Z. Geva, E. Bar-Shira, A. Friedman // Poult Sci. 2017. № 96 (8). P. 2601-2613.

Информация об авторах:

Василиади Ольга Игоревна, аспирант отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия).

ORCID: 0000-0002-7622-8154; **E-mail:** vasiladiolga22@gmail.com

Кузьмина 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

Семенов 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

Долгов Евгений Петрович, научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия), кандидат ветеринарных наук.

ORCID: 0000-0003-2979-0782, **E-mail:** edolgov93@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40

DEVELOPMENT AND USE OF COMPOUND FEEDS THAT INCLUDE NON-TRADITIONAL FEED PRODUCTS IN THEIR COMPOSITION

**I. E. Gorin¹, O. V. Samofalova¹, A. K. Karapetyan¹,
S. I. Nikolaev¹, E. S. Vorontsova¹, E. V. Kornilova², A. S. Chernyshkov³**

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²Scientific Research Center «Cherkizovo», Moscow

³Don State Agrarian University, Persianovsky settlement, Oktyabrsky district, Rostov region

Received 11.09.2022

Submitted 10.11.2022

The study was conducted within the framework of a grant under contract No. 9 on 14.05.2022 by Inpro International LLC. Topic: "Scientific justification and practical use of Availa Chromium complex in the diet of laying hens of the Haysex Brown cross"

Abstract

Introduction. During the period of intensive growth and development, the bird has a huge need for protein feeds balanced by essential amino acids, since the latter must be constantly supplied to the body. The main full-fledged source of proteins, fats, polyunsaturated acids, micro- and macroelements, vitamins, which in turn justifies the need to use feed additives in poultry feeding. The necessity

of using additives produced from fish processing enterprises waste in poultry farming, which help strengthen the immune system of poultry, significantly increase egg production, increase the digestibility of nutrients, ensure a rapid increase in the mass of young animals and improve the quality of products, is substantiated. **The object of research.** The object of research were laying hens. **Materials and methods.** The experimental part of the research was carried out in the conditions of the Research Center "Safety and effectiveness of feed and additives", which is located on the territorial base of the Volgograd State Agrarian University. **Results and conclusions.** The article contains the results of scientific and economic experience on the use of fish feed concentrate in feeding laying hens. Studies on the effect of protein concentrate were conducted on laying hens of the Hysex Brown cross in the conditions of the Research Center for the Safety and effectiveness of the use of feed and additives of the Volgograd State Agrarian University. To set up scientific and economic experience, 2 groups of birds were formed (control and experimental), each group had 72 heads. The poultry of the control group were fed a basic diet (OR), the nutritional value and composition of which were recommended by the VNITIP, the poultry of the experimental group were fed a diet that contained the tested protein concentrate. Studies have found that the use of protein concentrate contributes to the improvement of productive indicators of poultry, so the number of laid eggs for the period of the experiment increased by 464.4 pieces, the egg weight increased by 1.67 g, feed costs decreased by 0.09 kg.

Keywords: protein concentrate, productivity, feed costs, laying hens, compound feed.

Citation. Gorin I. E., Samofalova O. V., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Vorontsova E. S., Kornilova E. V., Chernyshkov A. S. Development and use of compound feeds that include non-traditional feed products in their composition. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 334-340 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40.

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 636.5.6

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ В СВОЙ СОСТАВ НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМОВЫЕ СРЕДСТВА

И. Е. Горин¹, аспирант

О. В. Самофалова¹, соискатель

А. К. Карапетян¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

С. И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. С. Воронцова¹, кандидат биологических наук

Е. В. Корнилова², кандидат сельскохозяйственных наук

А. С. Чернышков³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

²НИЦ «Черкизово», г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский,
Октябрьский район, Ростовская область

Дата поступления в редакцию 11.09.2022

Дата принятия к печати 10.11.2022

Исследование проведено в рамках гранта по договору № 9 14.05.2022 ООО "Зинпро Интернешнл". Тема: «Научное обоснование и практическое использование комплекса Availa Chromium в рационе кур-несушек кросса Хайсекс Браун»

Актуальность. В период интенсивного роста и развития птица испытывает огромную потребность в белковых кормах, сбалансированных по незаменимым аминокислотам, т.к. последние должны поступать в организм постоянно. Главным полноценным источником белков, жиров, полиненасыщенных кислот, микро- и макроэлементов, витаминов, что в свою очередь обосновывает необходимым использование в кормлении птицы кормовых добавок. Обоснована

необходимость применения в птицеводстве добавок, производимых из отходов рыбоперерабатывающих предприятий, которые способствуют укреплению иммунной системы птицы, значительно увеличивают яйценоскость, повышают усвояемость питательных веществ, обеспечивают быстрое нарастание массы молодняка и улучшают качество продукции. **Объект исследования.** Объектом исследований явились куры-несушки. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть исследований была проведена в условиях НИЦ «Безопасность и эффективность кормов и добавок», который расположен на территориальной базе Волгоградского государственного аграрного университета. **Результаты и выводы.** Статья содержит результаты научно-хозяйственного опыта по применению рыбного кормового концентрата в кормлении кур-несушек. Исследования по изучению влияния белкового концентрата были проведены на курах-несушках кросса Hysex Brown в условиях Научно-исследовательского центра безопасности и эффективности использования кормов и добавок Волгоградского ГАУ. Для постановки научно-хозяйственного опыта были сформированы 2 группы птицы (контрольная и опытная), в каждой группе было по 72 головы. Птице контрольной группы скармливали основной рацион (ОР), питательность и состав которого были рекомендованы ВНИТИП, птице опытной группы скармливания – рацион, который содержал испытуемый белковый концентрат. Исследованиями установлено, что применение белкового концентрата способствует улучшению продуктивных показателей птицы, так как увеличилось количество снесенных яиц на период проведения опыта на 464,4 штук, увеличилась масса яйца на 1,67 г., снизились затраты корма на 0,09 кг.

Ключевые слова: *белковые кормовые концентраты, продуктивность кур-несушек, затраты корма, куры-несушки, комбикорма.*

Цитирование. Горин И. Е., Самофалова О. В., Карапетян А. К., Николаев С. И., Воронцова Е. С., Корнилова Е. В., Чернышков А. С. Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства. Известия НВ АУК. 2022. 4(68). 334-340. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40.

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. Кормление сельскохозяйственных животных основывается на научно-обоснованных методах и приемах, и является одним из важнейших процессов производства, которое обеспечивает эффективность отрасли. Кормление сельскохозяйственной птицы должно осуществляться путем обеспечения физиологической потребности в обменной энергии, питательных и биологически активных веществах для сохранения ее здоровья и увеличения продуктивности [4, 6, 10]. В рацион птицы нужно добавлять корма и концентраты, которые имеют высокую обогащенность энергией. Кормить необходимо однородной сбалансированной кормосмесью.

Преимущество кормления птиц однородной сбалансированной кормосмесью, за счет которой можно сократить потребление основных кормов на 20-30 %, а также снижения затрат труда на кормление в 1,2-1,5 раза [11].

В рационе птицы необходимо следить, чтобы в нем присутствовало значительное содержание протеина, углеводов, жира, витаминов и минеральных веществ. За счет введения различных кормовых добавок можно повысить питательность комбикорма. Значительное влияние на продуктивность птицы оказывает недостаток микро- и макроэлементов [2, 5].

Отходы рыбного производства представляют интерес для приготовления различных протеиновых добавок [1, 3, 7]. К отходам рыбного производства, в свою очередь, можно отнести кости, головы и обрезки. Технологический процесс в изготовлении добавки и рыбных отходов заключается в нескольких этапах, таких как: варка, вя-

ление, сушка и измельчение сырья. В результате применения и выполнения данного технологического процесса получают готовый завершённый продукт, который называется рыбная мука.

Продуктивность птицы на 40-50 % определяется поступлением в её организм энергии, недостаток которой часто является наиболее вероятной причиной повышенного потребления комбикорма и низкой продуктивности. Для более экономичного выращивания сельскохозяйственной птицы целесообразно применять отходы от переработки рыбной и морской промышленности, растительное сырьё, так как они менее затратны по транспортировке и более дешёвые [9, 12].

Цель работы – изучение влияния белкового кормового концентрата на продуктивные показатели кур-несушек, а также затраты на поедаемость испытуемых комбикормов и выявление оптимальной дозы для скормливания.

Объект исследования. Объектом исследований явились куры-несушки.

Материалы и методы. Нами был проведен научно-хозяйственный опыт на цыплятах-бройлерах в условиях НИЦ «Безопасности и эффективности кормов и добавок», который расположен на территориальной базе Волгоградского государственного аграрного университета. Кур-несушек в подопытные группы подбирали по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы, развития. Условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми и соответствовали методическим рекомендациям ВНИТИП. В каждой подопытной группе было по 72 головы в каждой группе. Продолжительность каждого опыта была 52 недели. Схема проведения научно-хозяйственного опыта обозначена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения опыта / Table 1 – The scheme of the experiment

Группа	Кол-во голов	Прод-ть опыта, недель	Особенность кормления
Контрольная	72	52	ОР (Основной рацион)
Экспериментальная	72	52	ОР+5 % белкового концентрата в составе комбикорма взамен рыбной муки

Результаты и обсуждение. В течение всего периода исследования общее состояние птицы было удовлетворительным.

При включении кормового белкового концентрата в рацион кур-несушек были получены следующие результаты. Так, за период опыта у кур несушек увеличилась яйценоскость на одну несушку в опытной группе на 1,97 % по сравнению с контрольной группой птицы, где данный показатель составил 327,88 штук (таблица 1).

Таблица 2 – Яйценоскость кур-несушек / Table 2 – Egg laying hens

Группа	Показатель/ Indicator				
	Среднее количество кур, гол.	Получено яиц		Средняя масса яиц, г	Получено яичной массы, кг
		всего, шт.	на несушку		
Контрольная	72	23607,36	327,88	63,52±1,66	1499,54
Экспериментальная	72	24071,76	334,33	65,19±1,84	1569,24

Количество полученной яичной массы в экспериментальной группе составило 24 071,76 штук, в контрольной группе – 23 607,36 штук, разница составила 464,4 штук или 1,97 %, в сравнении с группой контроля, которая не получала в своем рационе разработанный нами белковый концентрат (рисунок 1).



Рисунок 1 – Получено яиц всего за период проведения опыта, штук

Figure 1 – Eggs were received in total during the period of the experiment, pieces

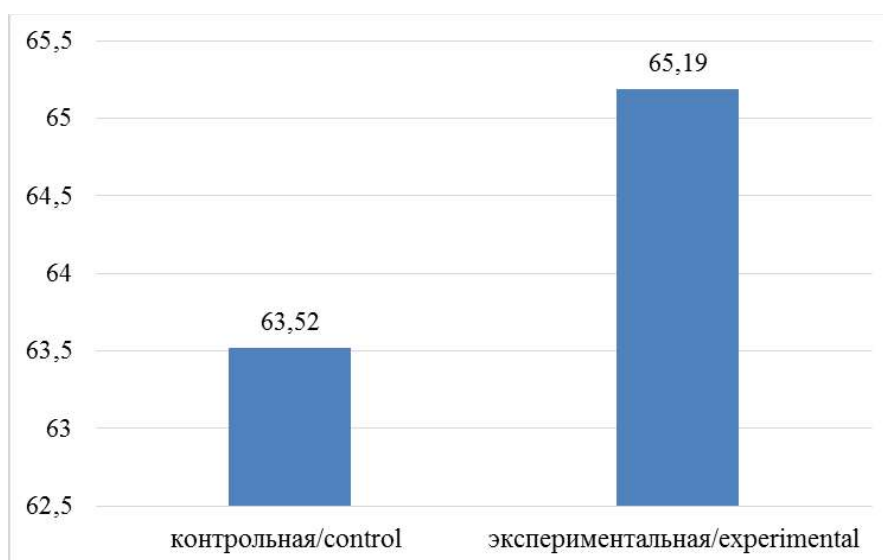


Рисунок 2 – Средняя масса яйца, г / Figure 2 – Average egg weight, g

Средняя масса снесенного яйца курами-несушками составила в контрольной группе 63,52 г, по сопоставлению с экспериментальной группой 65,19 г, разница составила 1,67 г или 2,63 % (рисунок 2). Опытным путём доказано, что используемый в эксперименте изучаемый нами концентрат оказал положительное влияние на яичную продуктивность кур-несушек кросса Хайсекс Коричневый.

Таблица 3 – Конверсия корма у кур-несушек / Table 3 – Conversion of feed from laying hens

Группа	Показатель			
	Среднее количество кур, гол.	Затраты корма, кг		
		Всего	на производство 1 кг яйцемассы	на производство 10 шт. яиц
Контрольная	72	3066,00	2,04	1,30
Экспериментальная	72	3066,00	1,95	1,27

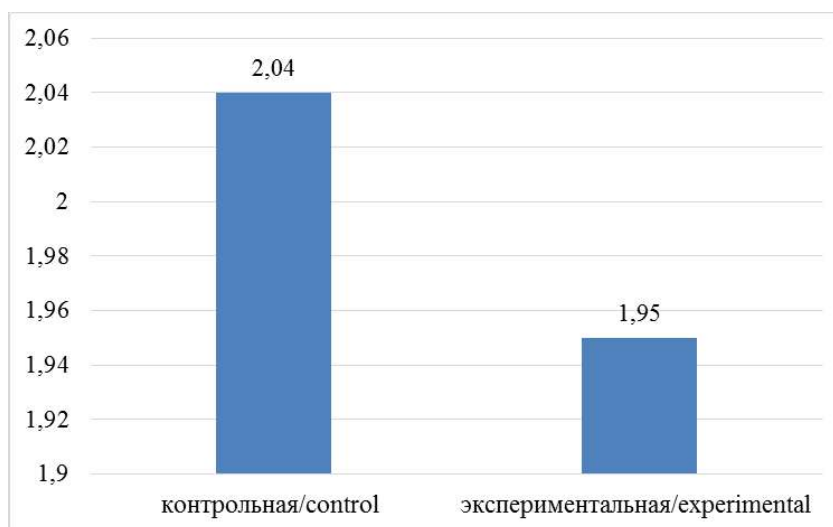


Рисунок 3 – Затраты корма на производство 1 кг яйцемассы, кг

Figure 3 – Feed costs for the production of 1 kg of egg mass, kg

При использовании белкового концентрата в составе комбикорма в экспериментальной группе затраты корма на производство 1 кг яйцемассы составили 1,95 кг, в опытной группе – 2,04 кг, разница в пользу птицы из экспериментальной группы была на уровне 0,09 кг или 0,03 % (рисунок 3).

Затраты корма на производство 1 кг яйцемассы составили 1,95 кг, в опытной группе – 1,27 кг, в контрольной группе – 1,29 кг; разница в пользу птицы из экспериментальной группы была на уровне 0,03 кг, или 1,93 % (таблица 3).

Выводы. Для повышения продуктивности кур-несушек рекомендуем добавлять в рацион кур-несушек белковый кормовой концентрат из переработанных отходов рыбной промышленности, так как отходы от переработки рыбного сырья менее затратны при транспортировке и более дешевые, что повышает экономическую эффективность их использования в птицеводстве.

Библиографический список

1. Астраханцев А. А., Перевозчиков М. А., Наумова В. В. Качество пищевых яиц при различной продолжительности фаз в кормлении кур-несушек // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2 (58). С. 185-190.
2. Влияние кормовой добавки на использование питательных веществ рациона и здоровье животных / В. И. Трухачев, В. Г. Косолапова, М. М. Халифа [и др.] // Зоотехния. 2022. № 5. С. 19-22.
3. Высокопротеиновая рыбная мука в комбикормах для цыплят-бройлеров / И. А. Егоров, Т. В. Егорова, А. Н. Шевяков, Ю. Е. Клейнерман // Птицеводство. 2021. № 1. С. 17-21.
4. Николаев С. И., Андреев Л. В. Использование полидобавки "Набикат" в кормлении кур-несушек // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 6. С. 44-55.
5. Применение рыбной муки в комбикормах для птицы / И. А. Егоров, А. Н. Шевяков, Т. В. Егорова [и др.] // Птицеводство. 2020. № 1. С. 17-21.
6. Продуктивные качества кур-несушек при использовании в кормлении мультиэнзимного комплекса (МЭК) нового поколения / Ф. Д. Даурова, В. Х. Темираев, В. Р. Каиров [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-2. С. 74-84.
7. Цой З. В., Васильева Н. В. Влияние кормовых добавок морского и растительного происхождения на продуктивность несушек в условиях Приморского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 284–287.
8. Цой З. В. Переваримость питательных веществ при использовании рыбной кормовой муки в птицеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 8 (190). С. 111-114.

9. Effect of dietary supplementation of bentaine on productive performance, egg quality and jejunal tight junction-related gene expression in laying hens raised under hot environmental conditions / J. H. Shin, J. H. Kim, D. Goo, G. P. Han // *Livestock Science*. 2018. Vol. 214. P. 79-82.

10. Kharag H., Adam E., Eljack B. Effect of Feeding Red Sea Fish Waste Meal on Performance, Carcass Characteristics, Internal Organs Weight and Gut Microflora of Broiler Chicks. 2019.

11. Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed / S. Khan [et al.] // *World's Poultry Science Journal*. 2016. V. 72. № 1. P. 93-102.

12. Yeast culture promotes the production of aged laying hens by improving intestinal digestive enzyme activities and the intestinal health status / Jia-Cai Zhang, Peng Chen, Cong Zhang, Mahmoud Mohamed Khalil, Ni-Ya Zhang, De-Sheng Qi, You-Wei Wang, Lv-Hui Sun // *Poultry Science*. 2020. Vol. 99. Issue 4. P. 2026–2032.

Информация об авторах

Горин Илья Евгеньевич, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), E-mail: ilya-gorin@yandex.ru

Самофалова Ольга Владимировна, соискатель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-3652> . E-mail: korneevaoluhka97@mail.ru

Карапетын Анжела Кероповна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604>. E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694>. E-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, E-mail: esvoronts@mail.ru

Корнилова Елена Вячеславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель направления испытания качества кормов и продуктов животного происхождения ООО НИЦ «Черкизово» (108805, г. Москва, Троицкий АО, поселение Новофёдоровское, деревня Яковлевское, 14 Б), e-mail: e.kornilova@cherkizovo.com

Чернышков Александр Сергеевич, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П.Е.Лада, ФГБОУ ВО Донской ГАУ (346493, Ростовская область, Октябрьский район, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), кандидат сельскохозяйственных наук.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-41

DRYING OF HONEY USING VACUUM-MICROWAVE DRYING METHODS

U. T. Zhumanova¹, T. C. Tultabaeva¹, M. Ch. Tultabayev², A. Shoman¹, A. Shoman¹

¹Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University – Astana, Republic of Kazakhstan

²Kazakh University of Technology and Business - Astana, Republic of Kazakhstan

Received 26.09.2022

Submitted 02.12.2022

This study was conducted within the framework of the BR 10764998 program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan: "Development of technologies using new strains of beneficial microorganisms, enzymes, nutrients and other kits in the production of special dietary foods"

Summary

Vacuum drying (VD) and freeze-drying (FD) reduced the water activity by about 28 %, which made honey microbiologically more stable and eliminated the possibility of fermentation. The water activity in the dried products ranged from 0.405 to 0.427. The effect of preliminary FD treatment on the quali-

ty of honey was investigated using the HPLC (High-performance liquid chromatography) method. This was done by determining the change in HMF (5-hydroxymethylfurfuraldehyde) (an increase of 39-71 %) and diastase activity (a decrease of 17-36 %) compared to fresh honey samples.

Abstract

Introduction. According to Codex Alimentarius (CAC 12-1981), natural honey is a naturally sweet product produced by honey bees from the nectar of flowers, as well as from honeydew and honeydew collected from the leaves and stems of plants. During the collection of nectar, the bee secretes the secret of the mandibular glands and a physiological process occurs, as a result of which the nectar loses a significant part of water and is saturated with enzymes and organic acids. Nectar maturation takes place in cellular cells, where it turns into honey. **Objects.** The production of honey is a very complex process peculiar only to the bee family. The essence of this process is the harvesting and processing of nectar. Nectar is secreted by special glands of plants called nectaries. Bees produce nectar or flower honey from nectar. **An object.** The objects are honey and dairy products. **Materials and methods.** Honey is an industrial product that can be stored for a long time. Honey consumers usually need high-quality honey, the natural characteristics of which would not change. This implies the need to collect, pump out and process various types of honey with appropriate equipment. Honey made in this way is more appreciated by consumers. A significant amount of honey of various botanical origin, due to low temperatures, the physical and chemical process of evolution of the components, become more permanent, taking the form of plastic curing. Usually, but not always correctly, this process is called honey crystallization. **Results and conclusion.** The water content, as well as the Total Soluble Solids (TSS) content in fresh and dried honey, met the criteria for the composition of honey. The TSS of dried fruits ranged from 88.3 to 89.5° on the Brix scale. Therefore, it can be assumed that the reduction of water content during the drying process significantly contributes to the stability of honey during storage. VD and freeze drying reduced the water activity by about 28 %, which made honey microbiologically more stable and eliminated the possibility of fermentation. The water activity in the dried products ranged from 0.405 to 0.427. The effect of preliminary FD treatment on the quality of honey was investigated using the HPLC method. This was done by determining the change in HMF (an increase of 39-71 %) and diastase activity (a decrease of 17-36 %) compared to fresh honey samples.

Key words: drying, honey, samples, research, vacuum.

Citation. Zhumanova U. T., Tultabaeva T. C., Tultabayev M. Ch., Shoman A., Shoman A. Drying of honey using vacuum-microwave drying methods. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 340-349 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-41.

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

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

УДК 664.64 (075)

СУШКА МЕДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ВАКУУМНО-МИКРОВОЛНОВОЙ СУШКИ

У. Т. Жуманова¹, доктор технических наук

Т. Ч. Тултабаева¹, доктор технических наук

М. Ч. Тултабаев², доктор технических наук

А. Шоман¹, доктор PhD

А. Шоман¹, докторант PhD

¹ Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина, г. Астана

² Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана

Дата поступления в редакцию 26.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Данное исследование проводилось в рамках финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан программы BR 10764998: «Разработка технологий с использованием новых штаммов полезных микроорганизмов, ферментов, нутриентов и других комплектов при производстве специальных диетических продуктов питания»

Актуальность. В соответствии с Кодекс Алиментариус (САС 12-1981), мед натуральный является естественным сладким продуктом, который производят медоносные пчелы из нектара цветов, а также с пади и медовой росы, собираемых с листьев и стеблей растений. Во время сбора нектара пчела выделяет секрет нижнечелюстных желез и происходит физиологический процесс, в результате которого нектар теряет значительную часть воды и насыщается ферментами и органическими кислотами. Созревание нектара происходит в сотовых ячейках, где и превращается в мед. **Объект.** Объектами выступают медовые продукты. **Материалы и методы.** Мед является промышленным продуктом, который может храниться длительное время. Потребители меда обычно нуждаются в меде высокого качества, природные характеристики которого бы не менялись. Отсюда вытекает необходимость сбора, откачки и обработки соответствующим оборудованием различных видов меда. Мед, изготовленный таким образом, больше ценится потребителями. Значительное количество меда различного ботанического происхождения, благодаря низким температурам, физическому и химическому процессу эволюции составных частей, становятся более постоянными, принимая форму пластического отверждения. Обычно, но не всегда правильно, этот процесс именуют кристаллизацией меда. **Результаты и выводы.** Содержание воды, а также содержание TSS (Total Soluble Solids) в свежем и сушеном меде соответствовали критериям состава меда. TSS сушеных медов варьировалась от 88,3 до 89,5° по шкале Брикса. Следовательно, можно считать, что снижение содержания воды в процессе сушки значительно способствует повышению стабильности меда при хранении. Вакуумная сушка (VD) и сублимационная сушка (FD) снизили активность воды примерно на 28 %, что сделало мед микробиологически более стабильным и исключило возможность ферментации. Активность воды в высушенных продуктах находилась в диапазоне от 0,405 до 0,427. Влияние предварительной обработки FD на качество меда было исследовано с использованием метода ВЭЖХ. Это было выполнено путем определения изменения гидроксил-метил-фурфурола (увеличение на 39-71 %) и активности диастазы (снижение на 17-36 %) по сравнению со свежими образцами меда.

Ключевые слова: сушка меда, технологии сушки меда, мед, виды меда.

Цитирование. Жуманова У. Т., Тултабаева Т. Ч., Тултабаев М. Ч., Шоман А., Шоман А. Сушка меда с применением методов вакуумно-микроволновой сушки. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 340-349. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-41.

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. Мед является промышленным продуктом, который может храниться длительное время. Потребители меда обычно нуждаются в меде высокого качества, природные характеристики которого бы не менялись. Отсюда вытекает необходимость сбора, откачки и обработки соответствующим оборудованием различных видов меда. Мед, изготовленный таким образом, больше ценится потребителями.

Процесс обработки и изготовления меда совершенствовался одновременно с изучением его качества и других характеристик [4].

Контролируемая технологическая обработка меда натурального обычно используется для снижения вязкости, что облегчает его перекачивание и для расплавления кристаллов декстрозы, чтобы задержать кристаллизацию во время хранения и уничтожить дрожжи, которые могут провоцировать порчу из-за начала ферментативных процессов [6].

Основными и необходимыми этапами изготовления меда являются: разжижение, осветление, гомогенизация, пастеризация, фасовка и созревание.

Значительное количество меда различного ботанического происхождения, благодаря низким температурам, физическому и химическому процессу эволюции составных частей, становятся более постоянными, принимая форму пластического отверждения. Обычно, но не совсем правильно, этот процесс именуют кристаллизацией меда.

Материалы и методы. Разжижение происходит при нагревании всей партии меда до температуры максимум 42 °С. Разжижение можно получить с помощью воздуха или воды. Нагрев меда потоком воздуха является удовлетворительным как для поддержания постоянной температуры, так и для избегания избыточной влажности. На промышленных установках эта операция проводится в две фазы. Первая заключается во введении контейнеров с зернистым медом в камеру, в которой температура поддерживается автоматическим термостатным регулированием. В этой камере, а именно в камере предварительного нагрева, разжижается мед только у краев контейнеров с медом. В результате того что контейнеры находятся в камере предварительного нагрева сравнительно короткое время, происходит неполное разжижение меда. Затем контейнеры вводятся в специальные камеры, в которых проходит замкнутая цепь мощного потока сухого воздуха [3]. Здесь контейнеры относятся горловиной вниз так, чтобы в мед, который отстал от стенок контейнера, свободно стекал на решеточное основание контейнера, установленное над резервуаром для купажирования и топки.

Итак, подогретый и частично растопленный мед проходит через решетку в смесительный резервуар, двойные стенки которого также подогреваются теплой водой.

Смешивание производится с помощью винтовых лопастей. После плавления и гомогенизации мед пропускают в резервуар-коллектор, который оснащен шестеренчатым насосом. Тонкое сито защищает резервуар от проникновения загрязнений из меда в контейнер. С помощью термостата и гидростата в камере таяния поддерживаются постоянные температура и влажность.

Этот мед перекачивают в несколько резервуаров для созревания, где заканчивается медленно разжижение меда при температуре не выше 32-35 °С.

Вторая фаза заключается в освещении меда – отстаивании и фильтровании.

Благодаря силе тяжести, отстаиванием устраняют существующие в смеси посторонние вещества. Слабый поток в меде обеспечивает оседание на дно более тяжелых, чем мед частиц, а более легкие частицы и пузырьки воздуха выходят на поверхность в виде пены. После отстаивания мед еще содержит остаточное загрязнение, которое устраняется фильтрованием. Раскристаллизованный мед фильтруют через двухсекционный сетчатый фильтр с размером отверстий 2 мм в первой (верхней) секции и 1 мм второй (нижней). Для лучшей фильтрации меда на сетку нижней секции кладут капроновую ткань или марлю в 3-4 слоя. В технологических линиях предусмотрены два попеременно работающих фильтра, установленные над горловиной приемной ванны. Мед стекает в нее непрерывной струйкой. Когда поверхность фильтра загрязнится, его снимают для очистки и промывки, а на его место ставят второй фильтр [4].

После фильтрации в меде остается значительное количество пузырьков воздуха, что может в любой момент спровоцировать брожение и грануляцию меда. Фактически мед непрозрачен именно из-за этих пузырьков. Современные методы для удаления подобных фракций базируются на использовании электронных фильтров, которые под воздействием электрического напряжения способствуют разрушению частиц воздуха. Под воздействием электрического тока мелкие частицы воздуха группируются и обеспечивают прозрачность меда.

Гомогенизация – процесс переработки меда и других продуктов пчеловодства, что обеспечивает получение равномерной (однородной) смеси [9].

Результаты и обсуждение. Нагревание меда во время обработки и приготовления приводит к определенным повреждениям. Эти ухудшения можно заметить при измерении параметров контроля качества (таблица 1). Кроме того, таблица 1 также обеспечивает сравнение с критериями состава для меда.

Таблица 1 – Свойства образца пчелиного меда

Table 1 – Properties of the bee honey sample

Вакуумная сушка, Сублимационная сушка (лиофилизация)						Методы ИНС, 2009	
Тип меда	Состояние образца	Ручной рефрактометр для меда		Система Testo 650			
		TSS, [Брикс]	Вода, [%]	Водная активность, [O]	Температура, [°C]	HMF, [мг кг ⁻¹]	Активность диастазы, ДН
Критерии состава меда [1]		Не менее 80	Не более 20	Не более 0,60	Не более 45	Не более 40	Не менее 8
Подсолнечный мед	Свежий	80.5	17.9	0.558	23.4	38	19.2
	ВД	89.5	10.5	0.405	21.1	–	–
	ФД	88.9	10.1	0.425	22.3	65	12.1
Акациевый мед	Свежий	82.5	17.5	0.598	23.4	16.5	19.2
	ВД	88.3	11.7	0.417	22.4	-	-
	ФД	88.5	11.5	0.427	22.6	23	15.9

Содержание Total Soluble Solids (TSS) в меде колебалось от 80,5 до 89,5° по шкале Брикса как для свежих, так и для высушенных образцов. Для всех образцов меда содержание TSS, как правило, превышало 80 %, и, таким образом, они могут считаться высококачественными и очень стабильными при хранении. Самое высокое содержание TSS наблюдалось в подсолнечном меде. Самое высокое значение 89,5° Brix было обнаружено в образцах с вакуумной сушкой (VD), за которыми следуют образцы с сублимационной сушкой (FD) с 88,9° Brix. Среднее увеличение TSS во время процессов сушки составило 9 % для VD и 8,8 % для FD. Аналогичные результаты были получены в работе [6]. Содержание воды в разных видах меда варьировалось с 17,5-17,9 % для свежего меда, до 10,1-11,7 % при наблюдении за высушенными образцами. Все образцы меда соответствовали критериям состава для меда, которые ограничивают содержание воды максимум 20 % [1]. Активность воды в образцах свежего меда находилась в диапазоне от 0,558 до 0,598. Таким образом, можно сделать вывод, что значение a_w свежего меда ниже 0,60 и что он соответствует критериям состава.

Анализ изменения гидроксил-метил-фурфурола (HMF) и активности диастазы (DN) был проведен на исходных образцах меда, а также после термической обработки. В связи с тем, что VD реализуется без какой-либо предварительной термической обработки, содержание HMF после VD не будет изменено. С другой стороны, значение HMF после выполнения FD подразумевает, что в результате нагрева произошло значительное разрушение. Содержание HMF в образцах меда FD было на 39-71 % выше, чем в свежем образце. Первоначальные высокие значения HMF 38 мг/кг для свежих образцов подсолнечного меда привели к нарушению критериев состава, поскольку HMF для FD составляет 65 мг/кг. С другой стороны, содержание HMF в образцах акациевого меда FD также было увеличено, но оставалось в пределах допустимых пределов (ниже 40 мг/кг) и соответствовало критериям состава. Активность диастазы – это параметр качества меда, используемый для определения того, подвергался ли мед интенсивному нагреванию во время обработки.

Во время предварительной термической обработки для FD DN был снижен на 17-36 %. Тем не менее, он оставался значительно выше допустимого предела в 8 % и соответствовал критериям состава. Похожая чувствительность к диастазе при термической обработке была получена с помощью [5].

Визуальное сравнение высушенных образцов показывает разницу между процессами VD и FD для подсолнечного меда. В конце обоих процессов сушки образцы меда достигли одинаковой плотности, вязкости и содержания воды. Однако из-за образования пузырьков воды при кипячении воды в вакууме мед, подвергшийся VD, имел большее механическое разрушение. Образование пузырьков крайне нежелательно на более поздних стадиях процесса сушки, когда вязкость меда становится выше. Образец меда, высушенный с помощью процесса FD, был менее нарушен, и с ним было легче обращаться. Аналогичный вид высушенного продукта был получен для акациевого меда.

В начале процесса сушки наибольшая скорость сушки была обнаружена при начальной температуре материала +25 °С. Это произошло в результате меньшего сопротивления материала внутренней диффузии воды. Однако при начальной температуре образца меда -40 °С процесс FD выполнялся с низкой интенсивностью (по сравнению с VD), но общее время сушки было короче. Аналогичное поведение материала можно наблюдать как для процесса VD, так и для процесса FD.

Независимо от способа сушки, время сушки подсолнечного меда было больше. Это можно объяснить различием в структуре и сорте меда. Поэтому можно сделать вывод, что акациевый мед больше подходит для сушки. Для обоих сортов меда первые 5 часов сушки привели к самой высокой ее скорости. Кроме того, за этот период значения MR (micro-Texture) упали ниже 0,2. После этого процесс FD оказался более эффективным, чем процесс VD и длился на 75 % короче для обоих сортов меда.

Экспериментально полученные результаты, касающиеся изменения MR во время процесса VD и FD, были сопоставлены с несколькими моделями, обычно используемыми в литературе. Был сделан вывод, что решения модели Верма обеспечивают удовлетворительное совпадение с результатами, полученными в экспериментах. Регрессионный анализ показывает, что среднее значение для всех коэффициентов детерминации эксперимента (таблица 2, рисунок 1), рассчитанное для модели Верма, равно $r^2 = 0.98433$. Поскольку выбранная модель показала отличное соответствие экспериментальным результатам, не было необходимости в разработке новой модели для MR описание в рамках наблюдаемых процессов [8].

Таблица 2 – Прогнозирование коэффициентов модели

Table 2 – Prediction of the coefficients of the model

Эксперимент		Параметры сушки		$M = a_1 \exp(-k_1 \tau) + (1 - a_1) \exp(-k_2 \tau)$			
				Верма			
	Сорт	Процедура	$T_s, [^{\circ}\text{C}]$	a_1	k_1	k_2	r^2
E1	Подсолнечник	ВД	25	0.68856	2.62008	0.14471	0.99192
E2	Подсолнечник	ФД	-40	516.968	0.51774	0.51775	0.95225
E3	Акация	ВД	25	0.85329	0.28417	4.53413	0.99871
E4	Акация	ФД	-40	40.71471	0.64797	0.66301	0.99446

Ценности для эффективного коэффициента диффузии влаги пчелиного меда (таблица 3, рисунок 2), были получены в диапазоне: $D_{\text{эф}} = 1.05 \cdot 10^{-7} - 2.67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ для VD, и $D_{\text{эф}} = 2.87 \cdot 10^{-7} - 9.50 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ для FD. В $D_{\text{эф}}$ уменьшается с повышением температуры FD. Аналогичные результаты были получены в работе [9].

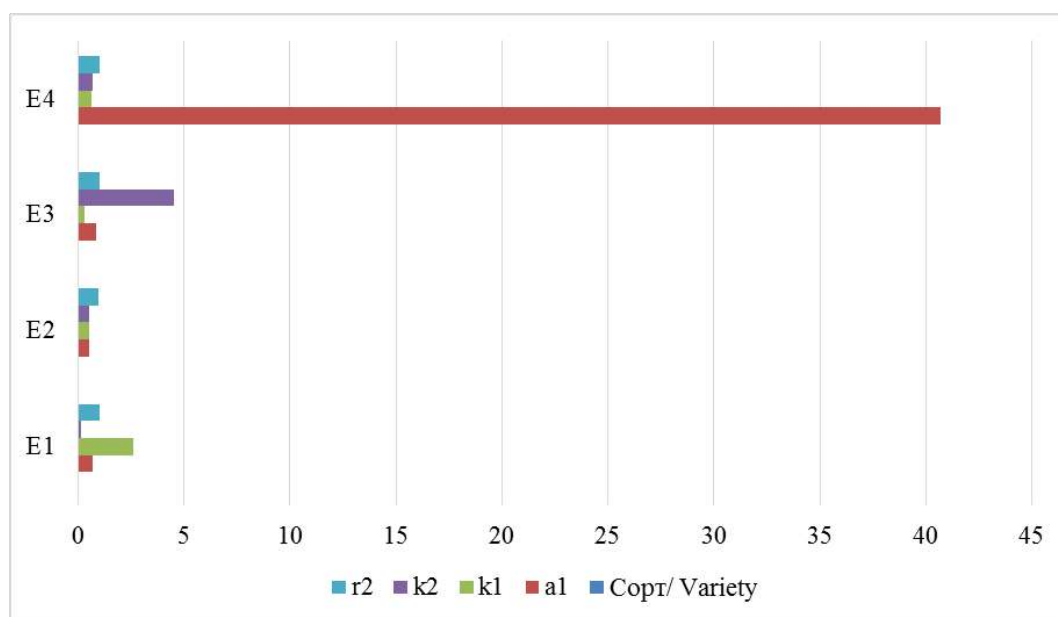


Рисунок 1 – Прогнозирование коэффициентов модели

Figure 1 – Predicting the coefficients of the model

Таблица 3 – Эффективная диффузионная способность влаги

Table 3 – Effective diffusion capacity of moisture

Эксперимент		Параметры сушки		Дэффективность $\times 10^7$ [м ² с ⁻¹]	
№	Сорт	Процедура	T_s , [°C]	мин	макс .
E1	Подсолнечник	ВД	25	7,25	26,7
E2	Подсолнечник	ФД	-20	7,52	15,8
E2	Подсолнечник	ФД	-40	8,26	9,50
E3	Акация	ВД	25	1,05	7,06
E4	Акация	ФД	-40	2,87	8,27

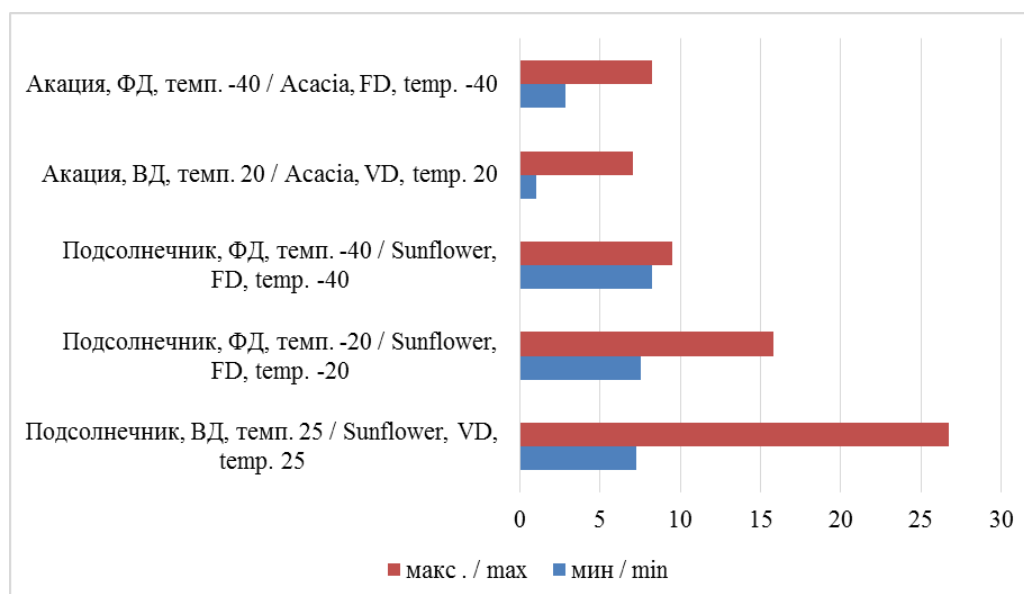


Рисунок 2 – Эффективная диффузионная способность влаги при высушивании меда

Figure 2 – Effective diffusion capacity of moisture during honey drying

Добавление материалов-носителей может помочь при сушке таких продуктов, как мед. Если концентрация воды в продукте низкая, вся вода остается в незамерзшем состоянии. На всю присутствующую воду большое влияние оказывают сахар и органические кислотные компоненты, которые присутствуют в этих пищевых системах и препятствуют кристаллизации льда [1]. Для снижения содержания влаги в меде был использован новый метод, основанный на пассивной диффузии и мониторинге последующих изменений нескольких свойств меда [2]. Количество гидроксил-метилфурфурола и активность диастаза являются параметрами, определяющими качество меда и являющимися показателями его свежести и термической обработки.

Свежий мед содержит очень низкое количество НМФ и, с другой стороны, высокое содержание диастазы [3]. НМФ – это циклический альдегид, образующийся в процессе обезвоживания сахара, которое происходит при нагревании меда или его длительном хранении. В очень концентрированных растворах, почти без свободной воды, подача тепла может влиять на перераспределение энергии таким образом, что она становится энергией активации для потенциальных потерь и химически связанной воды. Следовательно, циклические альдегиды, такие как НМФ, образуются из сахаров [4]. Диастаза представляет собой фермент, который естественным образом присутствует в меде и который разрушается в процессе нагревания [5].

В рамках статьи [8] было проведено исследование технологии микроволновой вакуумной сушки (VD) для приготовления сухого меда. Образцы нагревали и обезвоживали в микроволновой сушилке до достижения содержания влаги ниже 2,5 %. В процессе сушки температура сердцевины образца была равна температуре поверхности. Температуру образца варьировали от 30 °C до 50 °C, что приводило к незначительному изменению содержания основных сахаров (фруктозы, глюкозы, мальтозы и сахарозы), а также спиртов и сложных эфиров. В современной пищевой промышленности для обработки сырья обычно требуется какой-либо процесс сушки [10].

Поэтому исследования и анализ, сосредоточенные на процессе сушки, имеют большое значение для обеспечения дальнейших улучшений. Типичный процесс сушки, выполняемый при атмосферном давлении, подразумевает нагрев пищевого материала ниже 100 °C. Это состояние может быть определено как состояние F. Несмотря на многочисленные исследования, проведенные в этой области, точное математическое моделирование процесса сушки биологического материала остается сложным.

Большинство методов моделирования, основанных на концепции диффузии влаги через материал, описывают, как изменяется среднее содержание влаги в материале с течением времени [11].

Выбор температуры VD оказывает значительное влияние на кинетику сушки, скорости сушки, эффективную диффузию влаги и параметры качества [12]. VD обычно используется для сушки гигроскопичных и термочувствительных веществ. Кроме того, VD основан на принципе создания вакуума с целью снижения давления до значения ниже давления водяного пара. Вакуумные насосы снижают давление высушиваемого вещества (приблизительно 0,0296-0,059 бар), что, следовательно, снижает температуру кипения воды внутри этого вещества (соответствующая температура кипения воды составляет 25-30 °C). Соответственно, скорость испарения значительно увеличивается. В результате естественным образом повышается скорость высыхания продукта [13].

Во время сублимационной сушки – FD, тепло сублимации обеспечивается проводимостью и излучением. После процесса сублимации температура сушильной камеры повышается, и последующие процессы происходят исключительно в вакууме. Сублимация чистого льда возможна только при температуре ниже тройной точки воды

(приблизительно 611,2 Па, 0,01 °С). Однако пищевые продукты содержат твердые вещества и требуют сушки при более низких температурах (обычно ниже -10 °С или ниже) и при абсолютном давлении ниже 270 Па [5]. При замораживании, в зависимости от состава пищевого продукта, 65-90 % исходной воды находится в замороженном состоянии, в то время как остальные 10-5 % находятся в размороженном (сорбированном) состоянии. Скорость и количество образования льда при замораживании зависят от состава и вязкости незамерзшей фракции [6].

Два разных сорта пчелиного меда, то есть подсолнечный мед (*Helianthus Annuus L.*) и акациевый мед (*Robinia pseudo acacia L.*), были экспериментально высушены с использованием методов VD и FD. Были исследованы кинетика сушки и эффективность удаления влаги из материала. Кроме того, влияние обработки меда и подготовки к сушке было изучено путем измерения параметров контроля качества и сравнения их с критериями состава меда.

Обработка VD проводилась при начальных температурах образцов меда +25 °С, -20 °С и -40 °С. Результаты подтвердили, что процесс сублимационной сушки пчелиного меда при начальной температуре образца -40 °С имеет самое короткое время сушки (от 7 до 9 часов), несмотря на снижение интенсивности процесса сушки в начальный период. Модель Верма наилучшим образом соответствовала экспериментальным результатам и имела среднее значение коэффициентов детерминации $r^2 = 0,98433$ для всех экспериментов. Средние значения эффективной диффузии влаги находились в диапазоне от $8,26 \cdot 10^{-7}$ до $9,5 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Содержание воды, а также содержание TSS в свежем и сушеном меде соответствовали критериям состава меда. TSS сушеных медов варьировалась от 88,3 до 89,5° по шкале Брикса. Следовательно, можно считать, что снижение содержания воды в процессе сушки значительно способствует повышению стабильности меда при хранении.

Влияние предварительной обработки FD на качество меда было исследовано с использованием метода ВЭЖХ. Это было выполнено путем определения изменения НМФ (увеличение на 39-71 %) и активности диастазы (снижение на 17-36 %) по сравнению со свежими образцами меда.

Выводы. В заключение следует отметить, что как вакуумная, так и замораживающая сушка обеспечивали высушенный продукт с аналогичными параметрами качества и соответствовали критериям состава. Однако, согласно проведенным наблюдениям, умеренное предпочтение следует отдавать FD. По сравнению с медом вакуумной сушки, сублимированный мед имел хорошо сохраненную и менее поврежденную структуру в конце процесса. Более того, процесс FD длился короче. С другой стороны, термическая подготовка меда перед процессом сушки может быть критическим моментом с точки зрения нежелательного увеличения содержания НМФ и активности диастазы. Энергоэффективность проводимых процессов, безусловно, предоставит дополнительную информацию по этому вопросу и станет предметом будущих исследований.

Библиографический список

1. Белоусов В. И., Романенко Е. А., Варенцова А. А. Результаты мониторинга безопасности продуктов животного происхождения в субъектах Российской Федерации // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2021. № 4 (40). С. 380-388.
2. Бышов Д. Н., Каширин Д. Е., Морозов С. С. Исследование оптических характеристик перговых сотов // Вестник КрасГАУ. 2019. № 7(148). С. 155-161.
3. Бышов Д. Н., Каширин Д. Е., Морозов С. С. Экспериментальное исследование оптических характеристик перговых сотов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 3 (43). С. 75-79.

4. Дементьева Н. В., Бойцова Т. М. Обоснование технологии производства фитоконфет из ламинарии японской // Пищевая промышленность. 2022. № 12. С. 70-73.
5. Дюкова В. С. Влияние механического измельчения кристаллов меда на его качество и физико-химические показатели // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2022. Т. 11. № 1. С. 133-135.
6. Ермолаев В. А. Исследование процессов вакуумной сушки меда // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6(141). С. 111-115.
7. Жулева Л. С., Семченко М. В., Асякина Л. К. Анализ процесса получения сухого меда // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 2. С. 8-23.
8. Колосова С. Ф., Умиральева Л. Б., Кашкарова И. В. Разработка технологии получения и оценка эффективности продуктов пчеловодства для создания биологически активных добавок // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 1. С. 18-31.
9. Мамонов Р. А. Теория процесса центробежной скарификации пчелиных сотов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. № 2(38). С. 102-107.
10. Попкова М. А., Есенкина С. Н. Изменение содержания витаминов в мёде в процессе хранения // Пищевые системы. 2021. Т. 4. № 3S. С. 223-227.
11. Ульянов В. М., Утолин В. В., Лузгин Н. Е., Власов К. А. Классификация кремовалок (декристаллизаторов) меда // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 74-83.
12. Tultabayeva T. Ch., Zhumanova U. T., Tultabayev M. Ch. Determination of the parameters of freeze-drying honey // Вестник Алматинского технологического университета. 2022. No 3. P. 185-191.

Информация об авторах

Жуманова Умыт Тукуеновна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина (010000, Казахстан, Астана, просп. Женис, 62), e-mail: umyt.zhumanova@mail.ru

Тултабаева Тамара Чумановна, доктор технических наук, академик АСХН, профессор кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина (010000, Казахстан, Астана, просп. Женис, 62), e-mail: tamara_tch@list.ru

Тултабаев Мухтар Чуманович, доктор технических наук, проректор по науке, Казахский университет технологии и бизнеса (010000, Казахстан, Астана, ул. Кайыма Мухамедханов, 37А), mail: shomanyli@mail.ru

Шоман Аружан, доктор философии (технические науки), доктор PhD, кафедра технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина (010000, Казахстан, Астана, просп. Женис, 62), e-mail: shoman_aruzhan@mail.ru

Шоман Асия, докторант PhD, кафедра технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина (010000, Казахстан, Астана, просп. Женис, 62), e-mail: a.tultabayeva@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-42

INCREASING MEAT PRODUCTIVITY BROILER CHICKENS WHEN USING NON-TRADITIONAL FEED SOURCES

**O. V. Samofalova¹, A. K. Karapetyan¹,
S. I. Nikolaev¹, V. V. Shkalenko¹, A. S. Chernyshkov², E. S. Vorontsova¹**

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²Don State Agrarian University, Persianovsky settlement, Oktyabrsky district, Rostov region

Received 15.09.2022

Submitted 02.12.2022

*The study was conducted within the framework of the research contract No. 39 dated 13.12.2021
on the topic: "Development and use of low-cost compound feeds for broiler chickens"*

Abstract

Introduction. Poultry farming is one of the branches of agriculture that has switched to an intensified path of development. The regulation of markets and the solution of the state program of agricultural development provides for an increase in the production of raw materials and food of agricultural prod-

ucts of the country, which in turn contributes to an increase in the production of meat products to satisfy the population. In the conditions of globalization of the country's market economy, the path of agricultural development is aimed at providing high-quality and safe food products, with minimal production costs. **The object of research.** The object of research were broiler chickens. **Materials and methods.** The experimental part of the research was carried out in the conditions of the Research Center "Safety and effectiveness of feed and additives", which is located on the territorial base of the Volgograd State Agrarian University. **Results and conclusions.** The results of the research presented in the article indicate the effectiveness of the use of lupin and the natural mineral supplement bischofit in feeding broiler chickens. The use of lupin a and bischofite grains in the formula of compound feeds for broiler chickens allowed to increase the live weight of poultry by 31.7-66.9 g or by 1.36-2.94%, the average daily live weight gain in the experimental groups increased by 0.84-1.81 g, the total live weight gain increased by 31.0-67.2 g in favor of experienced groups. The consumption of compound feed (per head) in all experimental groups was the same and amounted to 3.76 kg, however, the cost of compound feed (per 1 kg of live weight gain) was divided into chickens of the tested groups from 0.02 kg to 0.05 kg, in the control this indicator composition was 1.65 kg.

Keywords: bischofite, lupin, soy, live weight, feed costs, broiler chickens, combo feed.

Citation. Samofalova O. V., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Chernyshkov A. S., Vorontsova E. S. Increasing meat productivity broiler chickens when using non-traditional feed sources. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 349-355 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-42.

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

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

УДК 636.5.033.087.7

ПОВЫШЕНИЕ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОРМОВЫХ ИСТОЧНИКОВ

О. В. Самофалова¹, аспирант

А. К. Карапетян¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

С. И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Шкаленко¹, доктор биологических наук, доцент

А. С. Чернышков², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Е. С. Воронцова¹, кандидат биологических наук

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет,
пос. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область

Дата поступления в редакцию 15.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Исследование проведено в рамках договора НИР № 39 от 13.12.2021 по теме: «Разработка и использование низкозатратных комбикормов для цыплят-бройлеров»

Актуальность. Птицеводство является одной из отраслей сельского хозяйства, которые перешли на интенсифицированный путь развития. Регулирование рынков и решение государственной программы сельскохозяйственного развития предусматривает увеличение объёмов производства сырья и продовольствия сельскохозяйственной продукции страны, что, в свою очередь, способствует увеличению производства мясными продуктами питания для удовлетворения населения. В условиях глобализации рыночной экономики страны путь развития сельского хозяйства направлен на обеспечение качественными и безопасными продуктами питания, с минимальными затратами на производства. **Объект исследований.** Объектом исследований явились цыплята-бройлеры. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть исследований была проведена в условиях НИЦ «Безопасность и эффективность кормов и добавок», который

расположен на территориальной базе Волгоградского государственного аграрного университета. **Результаты и выводы.** Результаты исследований, изложенные в статье, свидетельствуют об эффективности применения люпина и природной минеральной добавки бишофит в кормлении цыплят-бройлеров. Использование зерна люпина и бишофита в рецептуре комбикормов для цыплят-бройлеров позволили повысить живую массу птицы на 31,7-66,9 г, или на 1,36-2,94 %, средний суточный прирост живой массы в опытных группах увеличился на 0,84-1,81 г, общий прирост живой массы увеличился на 31,0-67,2 г в пользу опытных групп. Потребление комбикорма (на одну голову) во всех подопытных группах было одинаковое и составило 3,76 кг, однако по затратам комбикорма (на 1 кг прироста живой массы) выделялись цыплята опытных групп от 0,02 кг до 0,05 кг, в контроле данный показатель составил 1,65 кг.

Ключевые слова: кормление цыплят-бройлеров, живая масса цыплят-бройлеров, затраты корма, цыплята-бройлеры, комбикорма.

Цитирование. Самофалова О. В., Карапетян А. К., Николаев С. И., Шкаленко В. В., Чернышков А. С., Воронцова Е. С. Повышение мясной продуктивности цыплят-бройлеров при использовании нетрадиционных кормовых источников. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 349-355. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-42.

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. Современные кроссы бройлеров отличаются высокими показателями продуктивности. Полная реализация генетического потенциала кросса является одной из основных задач технологического процесса выращивания цыплят-бройлеров для получения максимального выхода мяса готовой продукции при минимальных затратах [1, 5, 8].

Высокими критериями продуктивных качеств отличаются современные кроссы [11].

Поэтому фермерские хозяйства и промышленные комплексы уделяют особое внимание оптимальным условиям содержания и сбалансированному кормлению птицы. Залогом полноценного кормления цыплят-бройлеров является качество мяса, а также большой выход мясной продуктивности и высокая резистентность организма к заболеваемости. Данные показатели являются основным залогом использования питательных веществ рациона [2, 6, 9].

Птицеводство в современных условиях является наиболее развивающейся отраслью, производящей продукты питания животного происхождения, тем самым внося существенный вклад в решение продовольственных проблем Российской Федерации [3, 7, 10].

Целью данной работы было выявление влияния в рационе низкозатратных кормовых ингредиентов на живую массу подопытных цыплят-бройлеров.

Объект исследования. Объектом исследований явились цыплята-бройлеры.

Материалы и методы. Нами был проведен научно-хозяйственный опыт на цыплятах-бройлерах в условиях НИЦ «Безопасности и эффективности кормов и добавок», который расположен на территориальной базе Волгоградского государственного аграрного университета. Цыплят в подопытные группы подбирали по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы, развития. Условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми и соответствовали методическим рекомендациям ВНИТИП. В каждой подопытной группе было по 120 голов цыплят-бройлеров (40 голов в 3 повторностях). Продолжительность каждого опыта была 37 дней. Схема проведения научно-хозяйственного опыта обозначена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения опыта / Table 1 – Scheme of the experiment

Подопытные группы цыплят-бройлеров			
контрольная	1-опытная	2- опытная	3- опытная
Особенности кормления			
ОР (основной рацион) с полной частью ввода сои полножирной	ОР (основной рацион) в котором 100 % ввод люпина (зерно) вместо сои полножирной	ОР (основной рацион) в котором 100 % ввод люпина (зерно) вместо сои полножирной + 2 мл бишофита	ОР (основной рацион) в котором 100 % ввод люпина (зерно) вместо сои полножирной и замена минеральной часть премикса на 2 мл бишофита

Результаты и обсуждение. В течение всего периода исследования общее состояние птицы было удовлетворительным. Цыплята всех групп были подвижны и упитанны. На каждом этапе опыта учитывали смену комбикормов.

Об эффективности кормления цыплят-бройлеров можно судить по одному из важнейших критериев такому как живая масса (таблица 2). К концу откорма птицы, (37-й день) в опытных группах живая масса была выше, чем в контрольной группе. Так, в контрольной группе живая масса составила – 2339,8 г, в 1 опытной – 2371,5 г, во 2 опытной – 2406,7 г, группе 3 опытной – 2396,4 г, что больше, чем в контроле, на 31,7 г, или 1,36 %, 66,9 г, или 2,94 %, и 56,6 г или 2,48 % по сопоставлению с аналогами из контроля.

Таблица 2 –Динамика живой массы подопытной птицы, г $M \pm m$ (n=120)

Table 2 – Dynamics of the live weight of the experimental bird, g $M \pm m$ (n=120)

Возраст, сут.	Группа			
	Контрольная	1- опытная	2- опытная	3- опытная
Суточные	57,41	58,11	57,11	57,31
7	182,2 $\pm$ 0,96	182,7 $\pm$ 0,98	185,4 $\pm$ 0,87*	184,8 $\pm$ 0,83*
14	487,3 $\pm$ 1,31	493,2 $\pm$ 1,28**	503,9 $\pm$ 1,36***	497,7 $\pm$ 1,33***
21	925,9 $\pm$ 2,77	936,8 $\pm$ 2,72**	974,1 $\pm$ 2,46***	954,3 $\pm$ 2,78***
28	1503 $\pm$ 4,91	1513,4 $\pm$ 5,04	1535,8 $\pm$ 4,82***	1522,3 $\pm$ 4,95**
35	2145,2 $\pm$ 13,89	2162,8 $\pm$ 14,34	2191,6 $\pm$ 14,07*	2173,6 $\pm$ 11,22
37	2339,8 $\pm$ 18,47	2371,5 $\pm$ 17,43	2406,7 $\pm$ 19,52*	2396,4 $\pm$ 18,09*
% к контролю	100	101,36	102,94	102,48

Такой показатель, как общий прирост в контрольной группе, составил 2282,39 г, в 1 опытной – 2313,39 г, во 2 опытной – 2349,59 г и 3 опытной – 2339,09 г, что находилось выше, чем в контроле, на 31,00 г, 67,2 г и 56,7 г по сравнению с аналогами цыплят-бройлеров из контроля (рисунок 1).

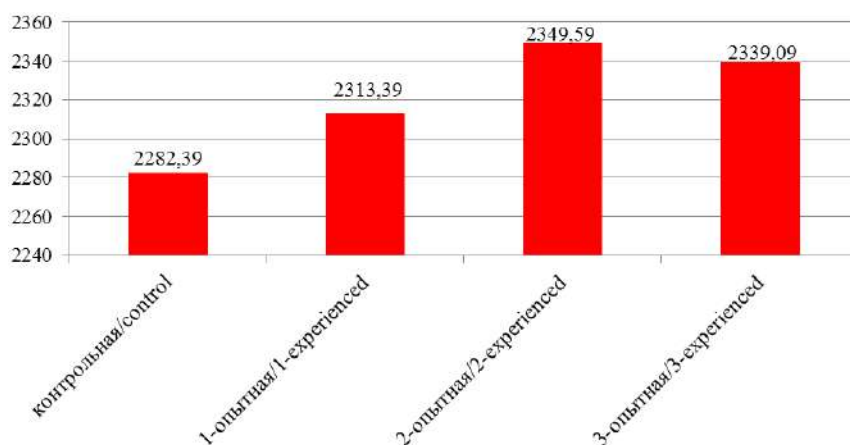


Рисунок – 1 Общий прирост живой массы подопытной птицы, г

Figure 1 – Total live weight gain of the experimental bird, g

Среднесуточный прирост живой массы, согласно результатам взвешивания, в 1-опытной группе составил 62,52 г, во 2 опытной – 63,50 г, и 3 опытной группе – 63,22 г, что было в сравнении с результатами взвешивания цыплят из контрольной группы на 0,84 г, 1,81 г и 1,53 г. В контроле данный показатель составил 61,69 г (рисунок 2).

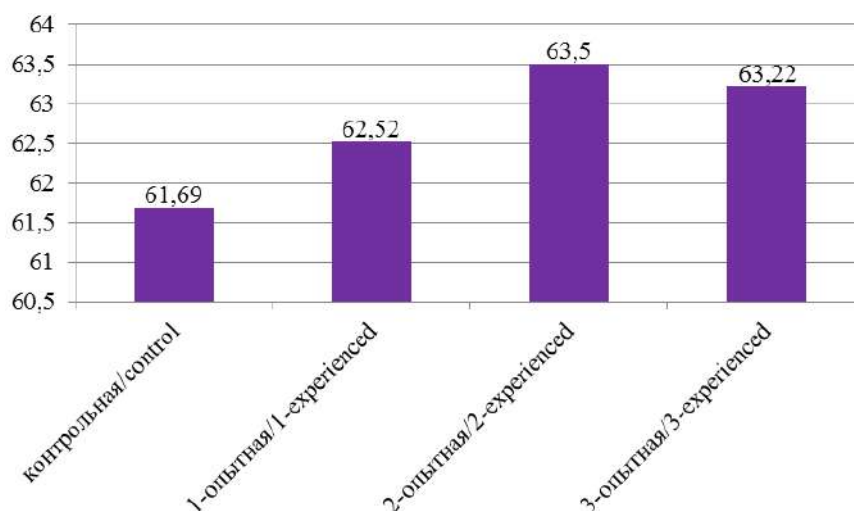


Рисунок 2 – Среднесуточный прирост живой массы подопытной птицы, г

Figure 2 – Average daily increase in live weight of the experimental bird, g

Цыплята-бройлеры опытных групп отличались от контрольной группы меньшими затратами кормов на 1 кг прироста живой массы (рисунок 3). Так, в опытных группах отмечалось снижение затрат корма в сопоставление контрольной группой, в 1-опытной – на 0,02 кг, во 2 опытной – 0,05 кг, 3 опытной – 0,04 кг.

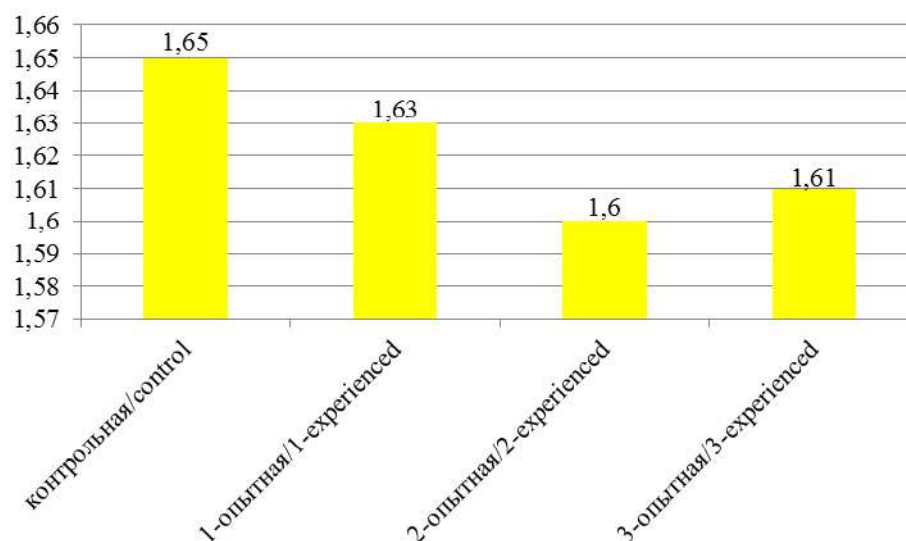


Рисунок 3 – Расход испытуемых комбикормов 1 кг прироста живой массы, кг

Figure 3 – Consumption of the tested compound feeds 1 kg of live weight gain, kg

Выводы. По полученным данным в ходе проведения научно-хозяйственного опыта можно сделать вывод о том, что использование в рационе низкзатратных кормовых местных ингредиентов позволило увеличить живую массу цыплят-бройлеров, а также снизить затраты корма затраты кормов на 1 кг прироста живой массы.

Библиографический список

1. Байковская Е. Ю., Абашкина Е. М., Манукян В. А. Синтетический глицин в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2021. № 3. С. 13-16.
2. Битиева И. А., Бритаев Б. Б. Минеральный премикс как источник селена для цыплят-бройлеров // Перспективы развития АПК в современных условиях. 2020. С. 171-174.
3. Егоров И. А., Андрианова Е. Н., Григорьева Е. Н. Использование дефторированного фосфата и монокальцийфосфата в комбикормах для цыплят-бройлеров и кур-несушек // Птицеводство. 2020. № 4. С. 27-32.
4. Менькова А. А., Казимирова Т. А., Цыганков Е. М. Инновации в кормлении как фактор роста продуктивных качеств цыплят мясного кросса // Зоотехния. 2021. № 4. С. 17-20.
5. Равков Е. В., Малышкина Ю. С. Качественный состав зерна перспективных сортообразцов белого люпина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 99-102.
6. Ферментные препараты отечественного производства в низкоэнергетических комбикормах для цыплят-бройлеров / И. А. Егоров, Т. В. Егорова, А. И. Панин, М. А. Кержнер // Птицеводство. 2021. № 7-8. С. 27-31.
7. Шацких Е. В., Горохова В. А. Антистрессовый препарат в рационе цыплят-бройлеров // Вестник биотехнологии. 2019. № 3. С. 9.
8. Current loop-mediated isothermal amplification (LAMP) technologies for the detection of poultry pathogens / S. Ehtisham-Ul-haque, M. A. Zaman, M. Kiran [et al.] // World's Poultry Science Journal. 2018. Vol. 74. No 2. P. 287-300.
9. Dietary calcium and meat and bone meal as potential precursors for the onset of necrotic enteritis / H. K. Zanu, S. K. Kheravii, R. A. Swick, M. R. Bedford // World's Poultry Science Journal. 2020. Vol. 76. No 4. P. 743-756.
10. Duskaev G. K., Kvan O. V., Rakhmatullin S. G. Eucalyptus viminalis leaf extract alters the productivity and blood parameters of healthy broiler chickens // Veterinary World. 2020. V. 13. № 12. P. 2673.
11. Olive pomace for the feeding of commercial poultry: effects on performance, meat and eggs quality, haematological parameters, microbiota and immunity / C. O. De Oliveira, A. A. P. Roll, D. C. N. Lopes [et al.] // World's Poultry Science Journal. 2021. Vol. 77. No 2. P. 363-376.

Информация об авторах

Самофалова Ольга Владимировна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-3652>. E-mail: korneevaoluhka97@mail.ru

Карапетян Анжела Кероповна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604>. E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694>. E-mail: nikolaev-volgau@yandex.ru

Шкаленко Вера Владимировна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор биологических наук. E-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Чернышков Александр Сергеевич, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П.Е.Ладана, ФГБОУ ВО Донской ГАУ (346493, Ростовская область, Октябрьский район, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), кандидат сельскохозяйственных наук

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук

PRODUCTION OF DRY MILK AND PROTEIN PRODUCTS USING VACUUM-MICROWAVE DRYING METHODS

T. Ch. Tultabaeva¹, M. Ch. Tultabayev², U. T. Zhumanova¹,
A. Shoman¹, A. Shoman¹

¹Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifulin, Kazakhstan, Astana

²Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan, Astana

Received 23.09.2022

Submitted 02.12.2022

This study was conducted within the framework of the BR 10764998 program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan: "Development of technologies using new strains of beneficial microorganisms, enzymes, nutrients and other kits in the production of special dietary foods"

Summary

The validation of the methodology for determining milk quality indicators using the Ecomilk Bond ultrasonic milk analyzer has shown that this method is suitable for these purposes. The application of the principal component method allowed clustering of samples of milk-protein mixtures, but it turned out to be incomplete. In order to search for markers for detecting recovered milk in pasteurized milk, it is necessary, in addition to using the Ecomilk Bond ultrasonic milk analyzer, to attach other analytical methods.

Abstract

Introduction. The analysis of the above biomedical principles indicates that in order to ensure adequate nutrition, it is necessary to develop specialized food products that are characterized by a narrow focus on correcting certain body functions. Currently, a large number of various specialized products are known for various purposes: protein, carbohydrate, carbohydrate-mineral, enriched with vitamins and trace elements, etc. **Object.** The objects are protein and dairy products. **Materials and methods.** When creating new foods and diets, products for general strengthening of the body and accelerating recovery may be relevant for their intended purpose. From the point of view of the composition of such products, they can be diverse, and gainers attract special attention, that is, protein-carbohydrate products additionally enriched with vitamins and minerals. The proportion of proteins in them is 15-30%, carbon - 50-80%, they have a high caloric content and are consumed by athletes at high energy costs during training and competitions. Due to the carbohydrate content, proteins from gainers are absorbed more intensively than from simple protein mixtures. This is due to the fact that carbohydrates cause the production of insulin in the body, which, in turn, opens up the cells of muscle fibers for the assimilation of useful substances. **Results and conclusion.** Validation of the methodology for determining the quality indicators of milk-dry mixtures using the ultrasonic milk analyzer «Ecomilk Bond» showed that the specified method is suitable for these purposes. The application of the main component method allowed clustering of milk samples, but it turned out to be incomplete. In order to search for markers for the detection of reconstituted milk in pasteurized milk, it is necessary, in addition to using the ultrasonic milk analyzer «Ecomilk Bond», to attach other analytical methods.

Key words: protein-dairy products, drying, research, creation.

Citation. Tultabaeva T. C., Tultabayev M. Ch., Zhumanova U. T., Shoman A., Shoman A. Production of dry milk and protein products using vacuum-microwave drying methods. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 355-361 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-43.

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

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

УДК 664.64 (075)

**ПРОИЗВОДСТВО СУХИХ МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ВАКУУМНО-МИКРОВОЛНОВОЙ СУШКИ****Т. Ч. Тултабаева**¹, доктор технических наук, профессор**М. Ч. Тултабаев**², доктор технических наук, проректор по науке**У. Т. Жуманова**¹, доктор технических наук, профессор**А. Шоман**¹, доктор PhD, доктор философии (технические науки) кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств**А. Шоман**¹, докторант кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств¹ Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина, г. Астана, Казахстан² Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан

Дата поступления в редакцию 23.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Данное исследование проводилось в рамках финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан программы BR 10764998: «Разработка технологий с использованием новых штаммов полезных микроорганизмов, ферментов, нутриентов и других комплектов при производстве специальных диетических продуктов питания»

Актуальность. Анализ приведенных медико-биологических принципов свидетельствует о том, что для обеспечения адекватного питания необходимо разрабатывать специализированные пищевые продукты, которые характеризуются узкой направленностью на коррекцию определенных функций организма. В настоящее время известно большое количество разнообразных специализированных продуктов различной направленности: белковые, углеводные, углеводно-минеральные, обогащенные витаминами и микроэлементами. **Объект.** Объектами выступают белково-молочные продукты. **Материалы и методы.** При создании новых пищевых продуктов и рационов актуальными по назначению могут быть продукты для общего укрепления организма и ускорения восстановления. С точки зрения состава таких продуктов они могут быть разнообразным, и особое внимание привлекают гейнеры, то есть белково-углеводные продукты, дополнительно обогащенные витаминами и минералами. Доля белков в них составляет 15-30%, углеводов — 50-80 %, они имеют высокую калорийность и употребляются спортсменами при больших затратах энергии в процессе тренировок и соревнований. Благодаря содержанию углеводов, белки из гейнеров усваиваются более интенсивно, чем из простых протеиновых смесей. Обусловлено это тем, что углеводы вызывают выработку инсулина в организме, который, в свою очередь, как бы открывает клетки мышечных волокон для усвоения полезных веществ. **Результаты и выводы.** Проведена валидация методики определения показателей качества молочно-сухих смесей с использованием ультразвукового анализатора молока «Экомилк Бонд», которая показала, что указанный метод пригоден для данных целей. Применение метода главных компонент позволило провести кластеризацию образцов молока, однако она оказалась неполной. Для поисков маркеров для выявления восстановленного молока в пастеризованном необходимо, помимо использования ультразвукового анализатора молока «Экомилк Бонд», приобщить другие аналитические методы.

Ключевые слова: белково-молочные продукты, творог, функциональные продукты питания, молочный белок.

Цитирование. Тултабаева Т. Ч., Тултабаев М. Ч., Жуманова У. Т., Шоман А., Шоман А. Производство сухих молочно-белковых продуктов с применением методов вакуумно-микроволновой сушки. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 355-361. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-43.

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. Учитывая желаемую белково-углеводную направленность пищевого продукта для спецконтингентов, в качестве белковой основы выбран кисломолочный творог. Это продукт, который изготавливают сквашиванием молока заквашивающими препаратами с применением способов кислотной, кислотно-сычужной или термокислотной коагуляции белка. Творог является продуктом универсального назначения, отличается высокой усвояемостью компонентов. Основным признаком, который характеризует творог и обуславливает его пищевую и биологическую ценность, является повышенное содержание белка (10-16 %) по сравнению с цельным молоком ($3,2 \pm 0,5$) [4].

Поскольку молочный белок не является идеальным по сравнению с составом белка ФАО/ВОЗ, считаем необходимым провести корректировку его аминокислотного состава для достижения необходимых параметров сбалансированности и степени усвояемости. Одним из актуальных направлений развития ассортимента функциональных продуктов на современном этапе является использование в рецептурах на основе животного сырья растительных компонентов с выраженными функциональными свойствами. Сочетание с ними молочного сырья позволит получить спектр продуктов, превосходящих исходное сырье по биологической ценности.

На сегодня в рационе большинства населения, в том числе и спецконтингентов, имеет место дефицит пищевых волокон. Их постоянное поступление в организм человека снижает вероятность заболевания атеросклерозом, раком, а также улучшает функцию желудочно-кишечного тракта.

Повышенные физические нагрузки приводят к снижению защитных сил организма и активности антиоксидантной системы. В результате нарушается работа центральной нервной и иммунной систем, усиливаются воспалительные процессы в организме, происходит образование атеросклеротических «бляшек» в коронарных и мозговых сосудах, ускоряются процессы старения.

Для замедления этих процессов как обогатитель пищевых сред целесообразно использовать сырье с антиоксидантными свойствами. Как известно, фенольные соединения обладают антиоксидантным и мембраностабилизирующим действием, способны предотвратить образование тромбов и нормализовать липидный обмен [3].

Материалы и методы. Анализ приведенных медико-биологических принципов свидетельствует о том, что для обеспечения адекватного питания военнослужащих и спортсменов необходимо разрабатывать специализированные пищевые продукты, которые характеризуются узкой направленностью на корректировку определенных функций организма. Под специализированными продуктами для питания ветвей спецконтингентов понимают класс натуральных продуктов небольшого объема, высокой удельной калорийности, легкой усвояемости, что позволяет (благодаря определенной направленности их биохимического состава) оперативно вносить корректировки в питание ветвей спецконтингентов, обеспечивать организм энергией и пищевыми веществами адекватно энергозатратам, способствуя сохранению высокой работоспособности и готовности к выполнению очередной физической нагрузки в условиях многократных (в течение одного дня) тренировок или специфических нагрузок [9].

Результаты и обсуждение. Количество воды было рассчитано для получения продукта жирностью 2,6 %. Получившуюся смесь подвергали гомогенизации на диспергаторе BANDELIN SONOPULSHD2070, после чего пастеризовали при температуре (88 ± 2) °C без выдержки и охлаждали до (6 ± 2) °C (условное обозначение этого продукта — В + П).

Такие показатели качественного состава молока, как содержание жира, белка, сухого обезжиренного молочного остатка (далее — СОМО), лактозы, воды, плотность, температуру замерзания определяли на ультразвуковом анализаторе молока «Экомилк Бонд» (Болгария), который широко используется на молокозаводах и в пунктах приема молока.

Окислительно-восстановительный потенциал определяли с помощью ячейки, состоящей из платинового электрода и хлорсеребряного электрода сравнения, соединенных солевым мостиком.

Валидацию методики определения показателей качества молока с использованием ультразвукового анализатора молока «Экомилк Бонд» осуществляли согласно рекомендациям [6]. Поскольку определение проводилось по стандартной методике, находящейся в предполагаемой области распространения, в ходе валидации проверяли такие рабочие характеристики, как прецизионность в условиях сходимости и внутрилабораторной воспроизводимости. Прецизионность не проверялась из-за отсутствия соответствующих аттестованных стандартных образцов. Протокол валидации включал проведение повторных измерений (условия сходимости) в три непоследовательные дни (условия внутри лабораторной воспроизводимости) на шести образцах молочно-белковой смеси.

Протокол валидации методики определения окислительно-восстановительного потенциала молока включал проведение параллельных измерений потенциала на шести образцах молока в три разных дня.

Обработку результатов валидации осуществляли по методу дисперсионного анализа [1]. Тест Кохрена на однородность дисперсий не выявил статистически значимой ($p = 0,05$) разницы в прецизионности определения между различными образцами. Установлено, что в исследованном диапазоне значений показателей качества состава молока постоянным остается абсолютное значение стандартного отклонения. Результаты валидации приведены в таблице 1, на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты валидации методики определения показателей качества молочно-белковых смесей

Table 1 – Results of validation of the methodology for determining the quality indicators of milk-protein mixtures

Показатель качества	Рабочий диапазон	Прецизионность в условиях сходимости, σ_r	Прецизионность в условиях внутрилабораторной воспроизводимости, σ_w
Содержание СЗМЗ, (%)	7-10	0,069	0,13
Содержание белка (%)	2-6	0,085	0,093
Содержание жира (%)	1-10	0,066	0,13
Содержание лактозы (%)	3,0-7,0	0,041	0,073
Степень разбавления водой (%)	0-20	0,42	1,4
Плотность, (г/см ³)	1,220-1,320	0,0026	0,0064
Температура заморзания (°C)	-(0,42-0,61)	0,0044	0,010
Окислительно-восстановительный потенциал (мВ)	220-260	19	21

Прецизионность определения показателей качества молока с использованием анализатора «Экомилк Бонд», выраженная как соответствующее стандартное отклонение, является достаточным для решения поставленных задач. Относительно небольшое расхождение результатов в условиях внутрилабораторной воспроизводимости ($\leq 5\%$) указывает также на стабильность показателей качества молока при непродолжительном хранении образцов.

В то же время прецизионность определения окислительно-восстановительного потенциала является недостаточной. Расхождение значений между пробами есть того же порядка, что и при параллельных измерениях, что ограничивает практическую ценность измеренных значений окислительно-восстановительного потенциала.

Обработку данных методом главных компонент проводили в программном продукте Minitab 16. Метод главных компонент (МГК) является одним из методов распознавания образов и широко используется для анализа, классификации и снижения раз-

мерности числовых массивов данных. Данные новые переменные называют главными компонентами (ГК). МГК часто используют для разведочного анализа данных с целью поиска кластеров или групп образцов.

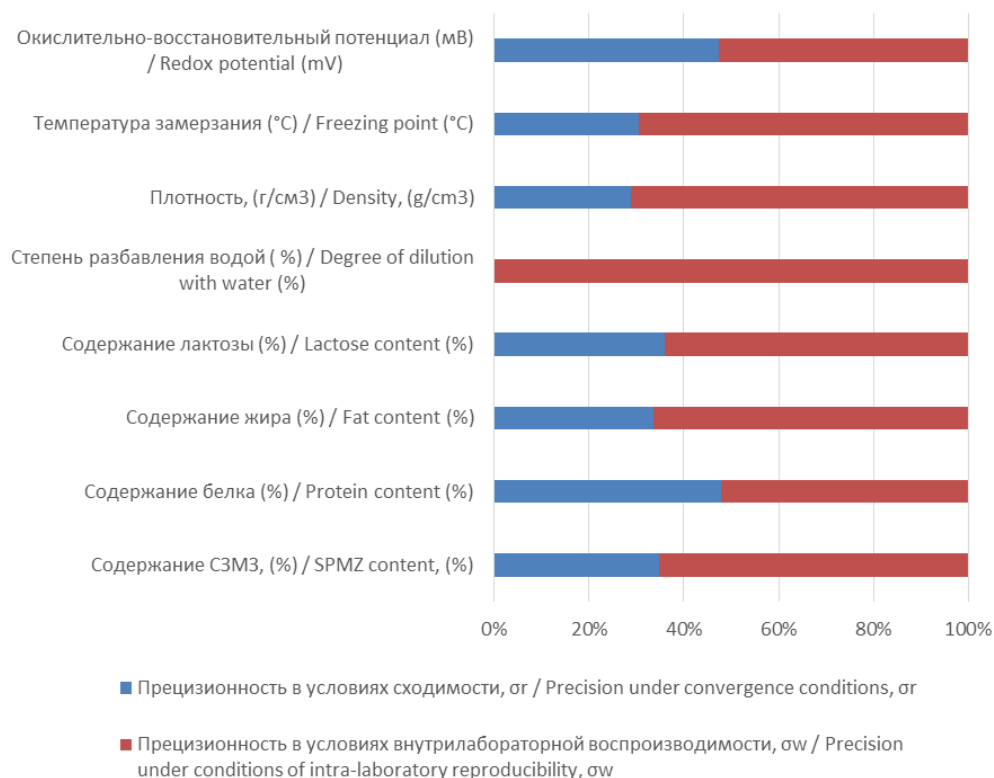


Рисунок 1 – Результаты валидации методики определения показателей качества молочно-белковых смесей

Figure 1 – Results of validation of the methodology for determining the quality indicators of milk-protein mixtures

Установлено, что первые три главных компонента описывают 93,7 % различий между образцами.

В таблице 2 и на рисунке 2 приведена нагрузка первых трех главных компонент. Наибольший вклад в главные компоненты вносят такие показатели, как СЗМЗ, содержание белка, лактозы, жира и температура замерзания. Окислительно-восстановительный потенциал не дает существенного вклада в наиболее важные первую и вторую главные компоненты. Это может быть связано именно с недостаточной прецизионностью определения, что было выяснено в ходе валидации методики.

Таблица 2 – Нагрузка первых трех главных компонент (ГК)

Table 2 – Load of the first three main components (GC)

Переменная	ГК1	ГК2	ГК3
Окислительно-восстановительный потенциал	–0,143	–0,409	–0,883
СЗМЗ	0,423	0,046	–0,065
Белок	0,363	–0,167	–0,164
Жир	0,081	0,831	–0,411
Плотность	0,397	–0,312	0,108
Лактоза	0,419	0,112	–0,093
Температура замерзания	–0,424	0,036	0,019
Степень разбавления водой	–0,386	–0,018	0,005

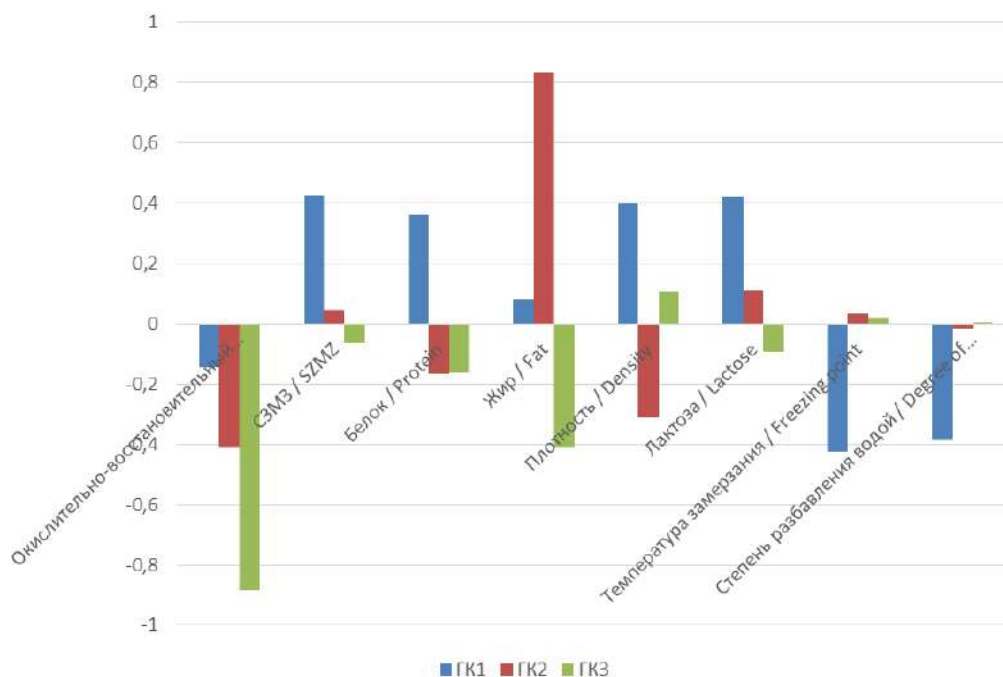


Рисунок 2 – Нагрузка первых трех главных компонент (ГК)

Figure 2 – Load of the first three main components (GC)

При определении качества молока в соответствии с действующими стандартами регламентируются такие физико-химические показатели: содержание основных составляющих компонентов молока (жира, сухих веществ, белка), плотность, кислотность, группа чистоты. Для установления возможной фальсификации молока путем разбавления водой определяют показатель рефракции, температуру заморозания, электропроводность [4, 7].

Обсуждение. Анализ молочно-белковых смесей по требованиям ГОСТ не всегда дает реальную информацию о качестве и подлинности продукции, так как методика определения, например белка, проверяется, базируется на определении только общего содержания азота, а молочный жир может быть заменено растительным.

В настоящее время основными методами анализа молока на выявление фальсификации стали высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), спектроскопия ближнего и среднего ИК-диапазона, масс-спектрометрия, ЯМР [8, 9]. Особенностью этих и других физико-химических методов анализа является то, что исследователю довольно часто приходится иметь дело с обработкой массива многомерных экспериментальных данных, полученных в результате исследования.

При обработке таких данных неизбежным становится применение хемометрических инструментов, в частности метода главных компонент (МГК) [5]. Хемометрические методы в сочетании с физико-химическими методами анализа нашли применение для выявления подделок пищевой продукции, в частности молочной [10].

Выводы. Проведенная валидация методики определения показателей качества молока с использованием ультразвукового анализатора молока «Экомилк Бонд» показала, что указанный метод пригоден для данных целей. Применение метода главных компонент позволило провести кластеризацию образцов молочно-белковых смесей, однако она оказалась неполной. Для поисков маркеров для выявления восстановленного молока в пастеризованном необходимо, помимо использования ультразвукового анализатора молока «Экомилк Бонд», приобщить другие аналитические методы.

Библиографический список

1. Влияние неординарных условий гидратации сухих молочных продуктов на качество горячих напитков / И. А. Радаева, Е. Е. Илларионова, С. Н. Туровская, А. Е. Рябова // Молочная промышленность. 2019. № 7. С. 38-41.
2. Влияние вспомогательных операций на свойства сухих молочных продуктов / В. Д. Харитонов, П. В. Кузнецов, В. Т. Габриелова, М. Я. Бурлев // Молочная промышленность. 2019. № 6. С. 16-19.
3. Волкова Т. А. К вопросу о фальсификации сухих молочных продуктов // Переработка молока. 2018. № 7 (225). С. 26-27.
4. Грунская В. А., Габриелян Д. С. Ресурсосберегающие технологии в производстве кисломолочных продуктов // Молочная промышленность. 2018. № 12. С. 34-36.
5. Исследование эффективности восстановления сухого молочного продукта с пониженным содержанием белка / И. В. Миклук, Е. В. Беспалова, Л. Н. Соколовская, Ю. А. Артюх // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2020. Т. 13. № 3 (49). С. 54-60.
6. Качество сливочного масла с молочно-белковыми добавками и фруктово-ягодными наполнителями и его конкурентоспособность / Ф. А. Мусаев, Е. В. Грибановская, О. А. Захарова, Е. М. Антонова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. № 1(37). С. 57-62.
7. Комплексное использование пробиотиков и метабитиков в биотехнологии продуктов функционального назначения / Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, С. А. Коновалов, Н. Ф. Иванова // Молочная промышленность. 2022. № 11. С. 23-25.
8. Кулинич А. Оправданно ли производство сухих молочных продуктов? // Переработка молока. 2021. № 7 (261). С. 27-29.
9. Мангазеев А. В., Потапов В. В., Горев Д. С. Получение тонкодисперсного сухого продукта концентрата молочной сыворотки // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019. № 47. С. 33-48.
10. Митряев И. С., Шабанова С. В. Исследование необходимости применения НДТ на предприятиях по производству сухих и сгущенных молочных продуктов // Вестник медицинского института непрерывного образования. 2022. № 2. С. 53-55.
11. Симоненко С. В., Антипова Т. А., Андросова Н. Л. Концентраты молочных белков для использования в специализированных продуктах питания // Пищевая промышленность. 2022. № 11. С. 19-21.
12. Multi-stage method of milk powder production: energy costs analysis / V. D. Kharitonov, V. A. Asafov, P. V. Kuznetsov, V. T. Gabrielova // Food Processing: Techniques and Technology. 2021. Vol. 51. No 2. P. 395-401.

Информация об авторах

Тултабаева Тамара Чумановна, доктор технических наук, академик АСХН, Профессор кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: tamara_tch@list.ru

Тултабаев Мухтар Чуманович, доктор технических наук, Проректор по науке, Казахский университет технологии и бизнеса (улица Кайыма Мухамедханов 37А, Астана 010000, Казахстан), mail: shomanyli@mail.ru

Жуманова Умыт Туkenовна, доктор технических наук, Профессор кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: umyt.zhumanova@mail.ru

Шоман Аружан, доктор философии (технические науки), Доктор PhD, кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: shoman_aruzhan@mail.ru

Шоман Асия, докторант PhD, Докторант кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: a.tultabayeva@mail.ru

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE AMINO ACID ANALYSIS
OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES IN COMPOUND FEEDSR. V. Ursu¹, Yu. A. Guseva¹, S. Yu. Pigina², A. A. Vasiliev², E. S. Vorontsova³¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov²Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA
named after K.I. Scriabin, Moscow³Volgograd State Agrarian University

Received 27.09.2022

Submitted 02.12.2022

The topic of these scientific studies was approved by the Grants Council of the President of the Russian Federation and was carried out at the expense of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists (MD-5015.2022.5).

Abstract

Introduction. It is well known that fish is an important and necessary food for human health, having a balanced composition of amino acids. By 2030, according to the State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) report, the total volume of fish production will grow to 204 million tons, which is 15 percent more than in 2018; the share of aquaculture will also grow, which has now reached 46 percent. This growth is about half of the increase noted in the previous decade, and thanks to it, the level of fish consumption per capita by 2030 is projected to reach 21.5 kg per year. Providing fish with a rational diet with a balanced composition of amino acids is one of the main problems of world aquaculture. This problem is especially relevant for our country. Since there is a complete dependence on imported compound feeds, which does not allow the development of modern domestic fish farming and can lead to a loss of food, and hence national security. One of the most promising components of animal feed for fish is protein from insect larvae. **The object** of the study was the larvae of *Zophobas morio*, Large Flour Crunch (*Tenebrio molitor* Linnaeus) and Black Lion (*Hermetia illucens*). **Materials and methods.** The research was carried out at the Department of "Genetics, Breeding, Animal Feeding and Aquaculture" and at the educational and research laboratory for determining the quality of food and agricultural products based on the Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov. In the course of the study, generally recognized chemical and physical methods were used to determine the chemical and amino acid composition of feed, using modern equipment. **Results and conclusions.** Fish meal turned out to be complete in lysine content by only 85.4%, isoleucine by 78.3%, leucine by 62.8%, phenylalanine and tyrosine by 99.0%, valine by 65.5% and histidine by 85.6%. Biomass from *Zophobas morio* larvae turned out to be complete in lysine content by 63.3%, leucine by 61.6%, threonine by 98.0% and valine by 87.5%. The composition of amino acids of insect larvae can be controlled by varying their food and growing conditions. The data obtained indicate the greatest balance in the amino acid composition of such a component of compound feed as larvae of *Zophobas morio* and larvae of flour crunch and, consequently, the prospects of their use as components to replace fish meal in compound feeds for fish.

Keywords: balanced feed, zoo protein, insect larvae, aquaculture, amino acid score, amino acids.

Citation. Ursu R. V., Guseva Yu. A., Pigina S. Yu., Vasiliev A. A., Vorontsova E. S. Quantitative and qualitative amino acid analysis of alternative protein sources in compound feeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 362-369 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-44.

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

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

УДК 639.3.043.2

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АМИНОКИСЛОТНЫЙ АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРОТЕИНА В КОМБИКОРМАХ

Р. В. Урсу¹, аспирант

Ю. А. Гусева¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

С. Ю. Пигина², кандидат ветеринарных наук, доцент

А. А. Васильев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. С. Воронцова³, кандидат биологических наук

¹ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов

²ФГБОУ ВО Московская государственная академия ветеринарной медицины
и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина, г. Москва

³ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 27.09.2022

Дата принятия к печати 01.12.2022

Тема данных научных исследований была утверждена Советом по грантам Президента Российской Федерации и выполнялась за счет средств гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МД-5015.2022.5).

Актуальность. Общеизвестно, что рыба является важным и необходимым для здоровья человека продуктом питания, имеющим сбалансированный состав аминокислот. К 2030 году, согласно докладу «Состояние мирового рыболовства и аквакультуры (СОФИА)», совокупный объем производства рыбы вырастет до 204 млн тонн, что на 15 процентов больше, чем в 2018 году; будет расти и доля аквакультуры, которая в настоящее время достигла 46 процентов. Такой рост составляет около половины увеличения, отмеченного в предшествующее десятилетие, и благодаря ему уровень потребления рыбы в пищу на душу населения к 2030 году, по прогнозам, достигнет 21,5 кг в год. Обеспечение рыб рациональным питанием, имеющим сбалансированный состав аминокислот, одна из главных проблем мировой аквакультуры. Для нашей страны данная проблема особенно актуальна. Так как наблюдается полная зависимость от импортных комбикормов, что не позволяет развиваться современному отечественному рыбоводству и может привести к потере продовольственной, а значит, и национальной безопасности. Одним из самых перспективных компонентов комбикорма для рыб считается белок из личинок насекомых. **Объектом** исследования стали личинки *Zophobas morio*, Большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor* Linnaeus) и Черной львинки (*Hermetia illucens*). **Материалы и методы.** Исследования проводились на кафедре «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура» и в учебно-научно-исследовательской лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции на базе ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова. В ходе исследования использовались общепризнанные химические и физические методы по определению химического и аминокислотного состава кормов, на современном оборудовании. **Результаты и выводы.** Рыбная мука оказалась полноценна по содержанию лизина лишь на 85,4 %, изолейцина на 78,3 %, лейцину на 62,8 % суммы фенилаланина и тирозина на 99,0 %, валина на 65,5 % и гистидина на 85,6 %. Биомасса из личинок *Zophobas morio* оказалась полноценная по содержанию лизина на 63,3 %, лейцина на 61,6 %, треонина на 98,0 % и валина на 87,5 %. Составом аминокислот личинок насекомых можно управлять посредством варьирования их пищи и условий выращивания. Полученные данные свидетельствуют о наибольшей сбалансированности по аминокислотному составу такого компонента комбикорма как личинки *Zophobas morio* и личинки мучного хрущака а, следовательно, о перспективности их использования как компонентов для замены рыбной муки в комбикормах для рыб.

Ключевые слова: сбалансированные корма, зоопротеин, личинки насекомых, аквакультура, аминокислотный скор, аминокислоты.

Цитирование. Урсу Р. В., Гусева Ю. А., Пигина С. Ю., Васильев А. А., Воронцова Е. С. Количественный и качественный аминокислотный анализ альтернативных источников протеина в комбикормах. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 362-369. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-44.

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. Обеспечение рыб рациональным питанием, имеющим сбалансированный состав аминокислот, одна из главных проблем мировой аквакультуры. Для нашей страны данная проблема особенно актуальна. Так как наблюдается полная зависимость от импортных комбикормов, что не позволяет развиваться современной отечественной аквакультуре и может привести к потере продовольственной безопасности [6, 12].

Парадоксально, то что производство комбикорма для индустриального выращивания рыб основывается на морских мировых ресурсах, в частности на малоценных пелагических видах рыб, запасы которых так же ежедневно сокращаются [10].

Кроме того, с каждым годом усугубляются экологические последствия воздействия человека на окружающую среду, в результате возникают опасения относительно качества используемых гидробионтов. В этой связи все более остро встает вопрос замены дорогостоящего компонента кормов для аквакультуры – рыбная мука. Очевидно, что дальнейший рост товарного производства рыбы возможен только за счет замещения рыбной муки альтернативными кормовыми компонентами. Ученые проводят множественные исследования для решения данного вопроса, используя для замены растительный и животный белок [1-3, 5, 8].

Одним из самых перспективных компонентов корма для рыб из-за высокого содержания белка и сбалансированного состава аминокислот считают личинок насекомых [7, 11]. В составе личинок в отличие от основных высокобелковых растительных компонентов отсутствуют антипитательные вещества. Кроме того, личинки насекомых способны перерабатывать пищевые отходы, набирая таким образом массу и становясь высокобелковыми кормовыми объектами, способными полностью обеспечить потребности аквакультуры.

Целью наших исследований стало проведение сравнительного анализа аминокислотного состава и полноценности по содержанию незаменимых аминокислот (в сравнении с «идеальным белком» ФАО/ВОЗ) рыбной муки, личинок *Zophobas morio*, личинок Большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor Linnaeus*) и личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) с перспективой дальнейшего использования как источник полноценного протеина в комбикормах для рыб.

Материалы и методы. Исследования проводились на кафедре «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура» и в учебно-научно-исследовательской лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции на базе ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова.

Содержание сырого протеина в сухом веществе определяли в соответствии с ГОСТ 13496.4-19 титриметрический метод определения азота по Кьельдалю.

Содержание сырого жира в сухом веществе определяли в соответствии с ГОСТ 32905-2014 методом экстракции жира петролевым эфиром.

Содержание хитина определяли при помощи модифицированной методики.

Содержание сырой золы определяли в соответствии с ГОСТ 26226-95 методом сжигания.

Идентификацию аминокислот компонентов комбикорма для рыб (кроме триптофана) проводили по ГОСТ Р 55569-2013 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза.

Для расчёта аминокислотного сора белка аминокислотный скар каждой незаменимой аминокислоты в «идеальном» белке ФАО/ВОЗ [9] принимали за 100 %, а в исследуемом – определяли процент соответствия. Если значение сора для определенной аминокислоты ниже 100 %, данную аминокислоту определяли, как лимитирующую.

Результаты и обсуждение. Наиболее важным и дорогостоящим компонентом кормов для аквакультуры является белок. Потребность рыб в белке значительно выше, чем у других продуктивных животных и доходит до 60 %. Проведенные ранее исследования свидетельствуют, что потребность в белке можно удовлетворять не высокобелковыми рационами, а сбалансированными по аминокислотному составу компонентами кормов.

Нами был изучен химический состав компонентов корма: сырого протеина, сырого жира, сырой золы и хитина в сухом веществе. Полученные данные представлены на рисунке 1.

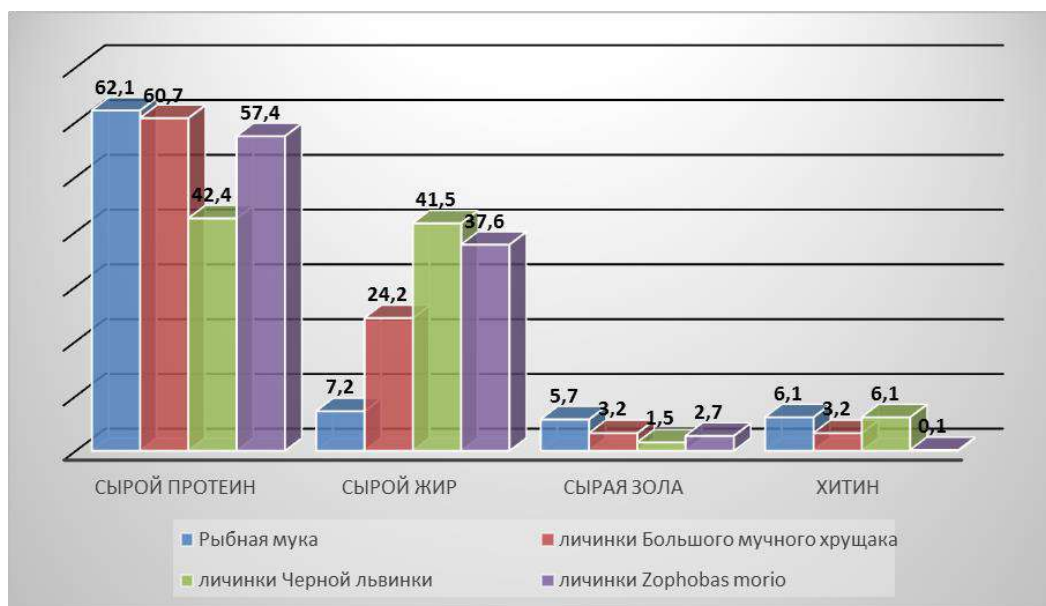


Рисунок 1 – Химический состав компонентов

Figure 1 – Chemical composition of components

Анализ полученных данных свидетельствует, что все исследуемые образцы отличаются высоким содержанием протеина. Наибольшим содержанием отличались личинки большого мучного хрущака ($60,69 \pm 2,0$ %) и личинки *Zophobas morio* ($57,38 \pm 1,3$ %) по сравнению с другими альтернативными источниками белка, меньше всего протеина содержала биомасса личинок Черной львинки. По содержанию сырого жира лидировали личинки Черной львинки ($41,5 \pm 0,7$ %) и так же личинки *Zophobas morio* ($37,6 \pm 0,5$ %), наименее жирной оказалась рыбная мука ($5,7 \pm 0,3$ %). Наличие сырой золы свидетельствует о минеральной составляющей в компоненте, лидировала по содержанию сырой золы рыбная мука ($5,7 \pm 0,3$ %), наименьшее содержание сырой золы оказалось в биомассе личинок Черной львинки. Хитин биополимер группы азотсодержащих полисахаридов, он является основным компонентом оболочки личинки или скелета членистоногих. Следует отметить, что меньше всего хитина было обнаружено в биомассе личинок *Zophobas morio* 0,1 %, при этом в рыбной муке его было обнаружено $6,1 \pm 0,1$ %.

Количество белка в корме важное, но недостаточное условие эффективного питания. Потребленный белок расщепляется во время переваривания путем гидролиза до свободных аминокислот, дипептидов и трипептидов пищеварительными ферментами, секретируемыми в желудочно-кишечном тракте, эти продукты всасываются клетками слизистой оболочки, где происходит внутриклеточное переваривание пептидов, таким образом только аминокислоты попадают в кровь, в виде продуктов переваривания белка. Таким образом наиболее важный показатель — это количественный и качественный состав аминокислот белка. Именно аминокислоты способствуют увеличению тканевого белка, а, следовательно, увеличению живой массы животных и рыб.

В этой связи нами был изучен аминокислотный состав всех компонентов (таблица 1).

При оценки аминокислотного состава было отмечено относительно высокое содержание в биомассе личинки *Zophobas morio* по сравнению с рыбной мукой, как эссенциальных аминокислот как фенилаланин, изолейцин, суммарное содержание метионина и цистина, валина, гистидина, тирозина, а также заменимых пролина, аланина и аргинина.

Биомасса личинки мучного хрущака отличилась преобладающим содержанием незаменимых по сравнению с рыбной мукой такими незаменимыми аминокислотами, как фенилаланин, лейцин и изолейцин, метионин и цистин, валина, гистидина и тирозин, из заменимых можно отметить аланин, пролин, серин, и аргинина.

Таблица 1 – Количественный и качественный состав аминокислот, г/100 г протеина

Table 1 – Quantitative and qualitative composition of amino acids, g/100 g of protein

Аминокислота	Компонент корма			
	Рыбная мука	личинки <i>Zophobas morio</i>	личинок Большого мучного хрущака	личинки Черной львинки
Незаменимые				
Лизин	4,10	3,04	3,34	1,04
Треонин	2,62	2,45	2,06	1,34
Фенилаланин	2,15	2,59	2,40	1,39
Лейцин	3,83	3,76	4,13	1,78
Изолейцин	2,35	3,00	4,00	1,00
Метионин+цистин	2,34	5,29	7,02	2,45
Валин	2,62	3,5	2,82	1,00
Гистидин	1,37	2,01	1,75	1,19
Тирозин	1,91	4,12	3,02	1,34
Сумма незаменимых аминокислот	23,29	29,76	30,54	12,53
Заменимые				
Пролин	3,13	3,74	3,79	1,37
Серин	2,82	2,41	3,60	2,02
Аланин	3,76	4,18	4,96	1,69
Аргинин	3,87	3,98	4,13	2,48
Глицин	4,85	3,10	3,30	3,42
Глутаминовая кислота	7,64	1,23	3,56	0,47
Аспарагиновая кислота	5,32	4,51	3,76	1,60
Сумма заменимых аминокислот	31,39	23,15	27,1	13,05

Суммарное содержание незаменимых аминокислот выше в биомассе личинки *Zophobas morio* на 27,8 %, а личинки мучного хрущака на 31,1 %.

При составлении рационов важен не только аминокислотный состав, но и соотношение количества заменимых и незаменимых аминокислот в компонентах корма. Если нарушается соотношение, то значительно снижается эффективность использования протеина корма. В этой связи нами был определен и проанализирован аминокислотный скор и вычислена лимитирующая аминокислота в исследуемых компонентах (таблица 2).

Установлено, что в составе рыбной муки лимитирующими аминокислотами являются лизин, изолейцин, лейцин, фенилаланин+тирозин, валин, гистидин; в составе биомассы личинки мучного хрущака лизин, лейцин, треонин, валин, а в составе личинки *Zophobas morio* – лизин, лейцин, треонин и валин, личинка черной львинки оказалась лимитирующей по всем незаменимым аминокислотам кроме суммы метионин и цистина. Так же следует отметить, что лизин, лейцин и валин оказались лимитирующими аминокислотами в составе всех исследуемых компонентов. Хотя общеизвестный факт, что рыбная мука является основным источником данных аминокислот в комбикормах для сельскохозяйственных животных.

Составом аминокислот личинок насекомых можно управлять посредством варьирования их пищи и условий выращивания. Внесение в субстрат для выращивания мясных и рыбных отходов, повышает содержание незаменимых аминокислот в теле личинки.

Таблица 2 – Аминокислотный скор, % / Table 2 – Amino acid score, %

Компонент	«Идеальный белок» ФАО/ВОЗ							
	Лиз	Изолей	Лейц	Трео	Фенилал +тироз	Метион +цист	Вал	Гист
	4,8	3,0	6,1	2,5	4,1	2,3	4,0	1,6
Аминокислотный скор, %								
	Лиз	Изолей	Лейц	Трео	Фенилал +тироз	Метион +цист	Вал	Гист
Рыбная мука	85,4*	78,3*	62,8*	104,8	99,0*	101,7	65,5*	85,6*
личинки <i>Zophobas morio</i>	63,3*	100,0	61,6*	98,0*	163,7	230,0	87,5*	125,6
личинок Большого мучного хрущака	69,6*	133,3	67,7*	82,4*	132,2	305,2	70,5*	125,6
личинки Черной львинки	21,7*	33,3*	29,2*	53,6*	66,6*	106,5	25,0*	74,4*

*лимитирующая аминокислота

Выводы. В статье проведена оценка количественного и качественного показателя аминокислотного состава рыбной муки, личинок *Zophobas morio*, личинок Большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor Linnaeus*) и личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*). Необходимо было установить возможность использования исследуемых компонентов, выращенных на местном сырье для замены дорогостоящей и часто фальсифицируемой рыбной муки.

Результаты исследований позволяют сказать, что рыбная мука оказалась полноценна по содержанию лизина лишь на 85,4 %, изолейцина на 78,3 %, лейцину на 62,8 % суммы фенилаланина и тирозина на 99,0 %, валина на 65,5 % и гистидина на 85,6 %. Биомасса из личинок *Zophobas morio* оказалась полноценная по содержанию лизина на 63,3 %, лейцина на 61,6 %, треонина на 98,0 % и валина на 87,5 %. Биомасса личинок большого мучного хрущака оказалась полноценна по содержанию лизина лишь на 69,6 %, лейцина на 67,7 %, треонина на 82,4 % и валина на 70,5 %.

Полученные данные свидетельствуют о наибольшей сбалансированности по аминокислотному составу таких компонентов комбикормов как личинки *Zophobas morio* и личинки большого мучного хрущака, а, следовательно, о возможности их использования для замены рыбной муки в комбикормах для рыб.

Библиографический список

1. Анализ влияния белкового концентрата на микробиоту кишечника молоди ленского осетра в условиях УЗВ / Д. А. Ранделин, А. И. Новокшенова, Е. А. Морозова, М. А. М. Я. Эльебери // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (173). С. 139-145.
2. Бахарева А. А., Грозеску Ю. Н., Сергеева Ю. В. Комплексная добавка на основе муки из ракообразных в комбикормах для осетровых рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 66-73.
3. Белковый концентрат взамен рыбной муки в кормах для осетровых / А. Ставцев, Ю. Батракова, Е. Уланов [и др.] // Комбикорма. 2022. № 3. С. 41-42.
4. Влияние растительного белкового концентрата в составе осетровых кормов на состояние тканей и органов молоди ленского осетра / Д. А. Ранделин, З. Ч. Морозова, Э. А. М. Я. Мохсен, Ю. В. Кравченко // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. С. 113-119.
5. Гусева Ю. А., Китаев И. А., Васильев А. А. Применение "Абиопептида" - гидролизата соевого белка в кормлении ленского осетра. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 2016. 134 с.
6. Поддубная И. В., Масленников Р. В., Васильев А. А. Оценка эффективности применения йодированных дрожжей в кормлении ленского осетра при выращивании в садках // Аграрный научный журнал. 2015. № 5. С. 20-23.
7. Barrows F T, Gaylord T G, Stone D A J, Smith C E Effect of protein source and nutrient density on growth efficiency, histology and plasma amino acid concentration of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) // Aquaculture Research. 2007. № 38. P. 1747-1758.
8. Comparative evaluation of processed soybean meal (EnzoMeal™) vs. regular soybean meal as a fishmeal replacement in diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on growth performance and growth-related genes / V. Kumar, S. Lee, B. M. Cleveland, N. Romano, R. S. Lalgudi, M. R. Benito, B. McGraw, R. W. Hardy // Aquaculture. 2020. V. 516. 734652.
9. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p.
10. Effects of replacing fishmeal protein with poultry by-product meal protein and soybean meal protein on growth, feed intake, feed utilization, gut and liver histology of hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂) juveniles / Z. Zhou, W. Yao, B. Ye, X. Wu, X. Li, Y. Dong // Aquaculture. 2020. V. 516. 734503.
11. Evaluation of ingredient combinations from differing origins (fishmeal, terrestrial animal and plants) and two different formulated nutrient targets on rainbow trout growth and production efficiency / T. G. Gaylord, W. M. Sealey, E. T. Barrows, C. A. Myrick, G. Fornshell // Aquaculture Nutrition. 2017. V. 23. No 6. P. 1319-1328.
12. Kolmakov V. I., Kolmakova A. A. Amino acids in prospective feeds for fish aquaculture: a review of experimental data // Sib. Fed. Univ. Biol. 2020. V. 13 (4). P. 424–442.

Информация об авторах

Урсу Роман Васильевич аспирант 2 года обучения кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура» ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр.3.), +79271105838, ursu2008@mail.ru

Гусева Юлия Анатольевна доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура» ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр.3.), +79050334596, yuliyguseva@yandex.ru

Пигина Светлана Юрьевна кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры эпизоотологии и организация ветеринарного дела, проректор по учебной, воспитательной работе и молодежной политике ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина» (109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23)

Васильев Алексей Алексеевич доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой кормления и кормопроизводства ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина». Эксперт экспертного совета ВАК при Минобрнауки России по зоотехническим и ветеринарным наукам (109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23), +79272218314, alekseyvasiliev@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, esvoronts@mal.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-45

CREATING DRINKS BASED ON HONEY

A. Shoman¹, T. C. Tultabaeva¹, M. Ch. Tultabayev², U. T. Zhumanova¹, A. Shoman¹

¹ Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University – Astana, Republic of Kazakhstan

² Kazakh University of Technology and Business - Astana, Republic of Kazakhstan

Received 30.09.2022

Submitted 02.12.2022

This study was conducted within the framework of the BR 10764998 program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan: "Development of technologies using new strains of beneficial microorganisms, enzymes, nutrients and other kits in the production of special dietary foods"

Summary

The aim of the work is to study the influence of factors on the physico-chemical and organoleptic parameters of boiled drinking honey. Tasks: to study the course of biochemical transformations of components in the process of fermentation of honey wort; to study the influence of the chemical composition of honey wort and the concentration of yeast dilution on the process of fermentation of honey of drinking water. The relevance of the research lies in the development of new recipes for drinking boiled meads based on ecological honey from apiaries; optimization of the technological process.

Abstract

Introduction. The level of development of the modern consumer market and the need to form a culture of beverage consumption determines the search for new technologies for creating products from natural, environmentally friendly raw materials (berries, fruits, honey), expands the circle of buyers. The improvement of the technology of fermented beverages should be based on both modern scientific achievements and ancient recipes of preparation. **An object.** The object of the study is honey from various apiaries of Russia and Kazakhstan, used in honey drinks. **Materials and methods.** Research methods: biochemical, physico-chemical methods of control of raw materials, intermediates (honey wort) and the finished product. Drinking honey is the products of alcoholic fermentation of aqueous solutions of natural honey. The wort is fermented with baking, beer or wine yeast. Ready-made drinks contain biologically active substances of honey and used natural raw materials. **Results and conclusion.** The course of biochemical transformations of components in the process of honey wort fermentation is investigated. The influence of the chemical composition of the substrate and the concentration of yeast dilution on the process of fermentation of honey of drinking brews has been studied. To reduce the duration of fermentation, it is recommended to use yeast brewer's yeast of the genus *Schizosaccharomyces*, prepared according to a special recipe, which significantly reduces the duration of the lag phase of yeast reproduction, intensifies the fermentation of honey wort, positively affects the tasting characteristics. The fermentation process is faster, since the causative agents of fermentation of the substrate are only pure yeast plants. The resulting essential-spicy boiled drinking honey has improved organoleptic properties and can be offered for production at industry enterprises.

Key words: honey, beverages, production, research, composition.

Citation. Shoman A., Tultabaeva T. C., Tultabayev M. Ch., Zhumanova U. T., Shoman A. Creating drinks based on honey. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 369-377 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-45.

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 664.64 (075)

СОЗДАНИЕ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ МЕДА

А. Шоман¹, доктор PhD

Т. Ч. Тултабаева¹, доктор технических наук

М. Ч. Тултабаев², доктор технических наук

У. Т. Жуманова¹, доктор технических наук

А. Шоман¹, докторант PhD

¹ Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина, г. Астана

² Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Данное исследование проводилось в рамках финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан программы BR 10764998: «Разработка технологий с использованием новых штаммов полезных микроорганизмов, ферментов, нутриентов и других комплектов при производстве специальных диетических продуктов питания»

Актуальность. Уровень развития современного потребительского рынка и необходимость формирования культуры потребления напитков определяет поиск новых технологий создания продукции из натурального, экологически чистого сырья (ягод, фруктов, медов), расширяет круг покупателей. Совершенствование технологии ферментированных напитков должно базироваться как на современных научных достижениях, так и древних рецептурах приготовления. **Объект.** Объектом исследования является мед из разнообразных пасек России и Казахстана, используемый в медовых напитках. **Материалы и методы.** Методы исследования: биохимические, физико-химические методы контроля сырья, полупродуктов (медового сусла) и готового продукта. Меды питьевые - это продукты спиртового брожения водных растворов меда натурального. Сусло сбраживают хлебопечкарными, пивными или винными дрожжами. Готовые напитки содержат биологически активные вещества меда и использованного натурального сырья. **Результаты и выводы.** Исследовано течение биохимических превращений компонентов в процессе сбраживания медового сусла. Изучено влияние химического состава субстрата и концентрации дрожжевого разведения на процесс сбраживания меда питьевых вареных. Для уменьшения продолжительности брожения рекомендовано использование дрожжевого разведение пивных дрожжей рода *Schizosaccharomycetes*, приготовленного по специальной рецептуре, что существенно уменьшает продолжительность лаг-фазы размножения дрожжей, интенсифицирует ход брожения медового сусла, положительно влияет на дегустационные характеристики. Процесс ферментации происходит быстрее, так как возбудителями брожения субстрата являются лишь чистые расы дрожжей. Полученные эфирно-пряные меды питьевые вареные имеют улучшенные органолептические свойства и могут быть предложены к производству на предприятиях отрасли.

Ключевые слова: мед, напитки медовые, производство напитков, состав напитков.

Цитирование. Шоман А., Тултабаева Т. Ч., Тултабаев М. Ч., Жуманова У. Т., Шоман А. Создание напитков на основе меда. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 369-377. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-45.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Уровень развития современного потребительского рынка и необходимость формирования культуры потребления напитков определяет поиск новых технологий создания продукции из натурального, экологически чистого сырья (ягод, фруктов, мёдов), расширяет круг покупателей. Совершенствование технологии ферментированных напитков должно базироваться как на современных научных достижениях, так и древних рецептурах приготовления [4-6, 8, 11, 12]. Производство напитков на натуральном сырье требует решения вопроса взаимосоединения и сбалансированности их составляющих, что позволит сформировать вкусо-ароматическую основу напитка [11]. Следовательно, актуальность определяет цель исследования.

Целью работы является исследование влияния факторов на физико-химические и органолептические показатели мёдов питьевых вареных. Задачи: исследование течения биохимических превращений компонентов в процессе сбраживания мёдового сусла; изучение влияния химического состава мёдового сусла и концентрации дрожжевого разведения на процесс сбраживания мёда питьевых вареных. Актуальность исследований заключается в разработке новых рецептур мёдов питьевых вареных на основе экологических мёдов из пчел; оптимизации технологического процесса.

С тех времен и по сей день в качестве основного сырья используют различные виды мёда натурального и воду питьевую. Авторами [4] показана актуальность совершенствования технологии водоподготовки для производства ферментированных мёдовых напитков, приведены результаты исследований предварительной обработки воды микропористыми минералами и установлено улучшение органолептических показателей готовых напитков, уменьшение их окислительно-восстановительного потенциала.

Материалы и методы. Методы исследования: биохимические, физико-химические методы контроля сырья, полупродуктов (мёдового сусла) и готового продукта. Мёды питьевые - это продукты спиртового брожения водных растворов мёда натурального. Сусло сбраживают хлебопекарными, пивными или винными дрожжами. Готовые напитки содержат биологически активные вещества мёда и использованного натурального сырья. Кроме этого, благодаря ферментативной биоконверсии в процессе брожения образуются вещества, крайне необходимые организму человека, незаменимые аминокислоты, витамины группы В, ростовые вещества, которые повышают биологическую ценность получаемых напитков [5-13]. Использование чистых культур микроорганизмов для производства ферментированных напитков имеет существенные преимущества: можно обеспечить постоянный состав и свойства культуры, ее микробиологическую чистоту, получать необходимые количества микробной культуры путем ее размножения в оптимальных условиях [4, 9, 11]. Для расширения ассортимента применяют натуральное сырье растительного происхождения [5, 8, 10].

В зависимости от способа, применяемого при приготовлении мёдового сусла, различают мёды ставленные и мёды вареные. Пчелиный мёд - продукт плотным, с высокой плотностью [7, 14, 15], поэтому перед процессом ферментации его растворяют водой. По технологии мёдов вареных вкус полученного напитка - предпочтительнее, а процесс ферментации происходит быстрее, так как интенсифицируется исключительно чистыми расами дрожжей. Все другие дикие бактерии и дрожжи, содержащиеся в меду, уничтожаются в процессе варки. Мёдовое сусло ставленных мёдов не варится, ввиду этого при производстве мёдов ставленных существует значительно большая опасность возникновения порока или болезни в готовой продукции.

Производство медов вареных требует последовательного выполнения следующих технологических операций: а) приготовления медового сусла; б) варки и внесения предусмотренных рецептурой приложений; в) ферментация сусла; г) созревания молодого меда питьевого.

Результаты и обсуждение. Предварительный анализ существующего уровня производства напитков брожения позволил подобрать пути усовершенствования их технологии [4-11]. В исследованиях использовано гречишный мед из российских и казахстанских пасек со следующими характеристиками: массовая доля воды — 18,5 %; массовая доля редуцирующих сахаров — 80 %; массовая доля сахарозы — 3,5 %; кислотность — 40 мг эквивалент NaOH (0,1 моль/дм³) на 1 кг меда.

Вода, используемая для приготовления напитка, влияет на его вкус, аромат, цвет и растворимость углекислого газа при разливе. Поэтому используют воду, показатели качества которой соответствуют всем нормам и стандартам для питьевой воды [2-6].

Главным требованием к дрожжам, которые используют для производства меда питьевого, е способность к сбраживанию и его высокая скорость. Дрожжи должны легко выпадать в осадок. Для проведения экспериментальной части использованы жидкие дрожжи рода *Schizosaccharomyces*.

Это дрожжи с приростом массы 1:4,4. Дрожжевое разведение готовят по методике: 250 мл перекипяченной охлажденной воды переливают в колбу объемом 1,5 л, добавляют 25 г пивных дрожжей. В дальнейшем закрывают стерильной ватной пробкой и оставляют в теплом месте на 1 сутки.

На следующий день добавляют 6 г сахара-рафинада и выдерживают еще 3-4 суток. Содержимое переливают в колбу объемом 2-3 л, добавляют 0,5 л приготовительного раствора меда (разведение 1:3) и оставляют еще на 1 сутки. Полученное дрожжевое разведение используют в сериях экспериментальных исследований.

Известно, что в зависимости от пропорции количества меда и воды в сусле) получают различные типы питьевых медов: "полторака" (мед, полученный из сусла, для которого взято на 1,0 л (1,4 кг) меда пчелиного 0,5 л воды); "двойняк" (1,0 л (1,4 кг) меда пчелиного — 1,0 л воды); "тройняк" (1,0 л (1,4 кг) меда пчелиного — 2,0 л воды); "четвертак" (1,0 л (1,4 кг) меда пчелиного — 3,0 л воды) [4-6, 8].

С медового сусла "четвертака" получают мед сухой крепостью около 12 % об., из тройняка — мед полусладкий крепостью 13-14% об. Медовое сусло "двойняка" и "Полторака" содержит значительное количество сахара (45-60 %), который не может быть полностью переработан дрожжами даже самой сильной ферментации. Такие меды, как наиболее сладкие, ферментируют трудно и очень медленно. Из них получают сладкие или десертные питьевые меды, требующие длительной ферментации и многолетнего (до 10 лет) выдерживания.

В результате получают стоимостные и ценные старые меди десертные, известные с давних времен как меды "Королевские".

При решении задач исследований меды вареные питьевые получены по следующей технологии: готовят медовое сусло с концентрацией сухих веществ, как предусмотрено рецептурой (мед "четвертак") - необходимое количество воды вливают в стеклянной термостойкой колбы (1,5 л) и нагревают до температуры 40 °С.

В дальнейшем добавляют отбраженное количество меда пчелиного, который растворяют через усердное вымешивание. Сусло заквашивают из расчета 3-5 г лимонной кислоты на 1,0 л медового сусла. Следующий шаг - варка. Медовое сусло подогревают до температуры 80 °С. Во время варки образуется пена, которую собирают. Медовое сусло варят 30 минут, в дальнейшем охлаждают до комнатной температуры. В процессе

варки часть воды испаряется, уваренное медовое сусло дополняют водой до первоначального объема, разливают в колбы для брожения, добавляя рассчитанное количество дрожжевого разведения, приготовленного по предварительно указанной рецептуре, закрывают гидрозатворами и исследуют процесс брожения.

Если предусмотрено созданной рецептурой, к напитку добавляют соответствующие пряно-корневые приложения. По завершении брожения мед питьевой снимают с дрожжевого осадка, перефильтровывают, освещают, анализируют и разливают в стерильные бутылки и откладывают для созревания, которое идет от трех до шести-восьми месяцев.

Проведено две серии исследований: ферментация питьевого меда вареного с экспериментальной названием «Четвертак натуральный, кварта» с использованием пивных дрожжей жидкого разведения рода *Schizosaccharomyces* (в количестве 4,5; 9,0; 13,5; 18,0 мл/100 мл медового сусла), приготовленного по вышеуказанной рецептуре, лимонной кислоты, приложений эфирно-пряной сырья (корицы и можжевельника). Время брожения образцов - 8 суток (серия 1). Исследовано течение ферментации питьевого меда вареного с экспериментальным названием "Четвертак натуральный кварта плюс" с использованием жидкого разведения пивных дрожжей в предварительно указанном количестве, лимонной кислоты, приложений эфирно-пряного сырья (корицы, можжевельника) и дополнительного питания для дрожжей "АСТИВИТ". Время брожения образцов - 8 суток (серия 2). Для обеих серий экспериментальных исследований после завершения процесса главного брожения, снятия образцов медов питьевых с осадка, анализа, следовала технологическая операция по созреванию медов питьевых ("лежаковка"; "выдерживание"; "старение" в темном месте) в течение 3-х месяцев при пониженной температуре (+5 °C до +9 °C).

Обсуждение. В сброженном медовом сусле в процессе ферментации определяли его плотность и количество выделяемой углекислоты (в зависимости от концентрации внесенного дрожжевого разведения). В полученных образцах меда питьевых вареных осуществлено определение содержания сухих веществ (СВ), реакции среды (рН), количества накопленного в процессе брожения этанола, проведено их органолептическую (дегустационную) оценку.

Внешний вид напитка оценивали по цвету, прозрачности и наличию помутнений. Первые два показателя определяли в цилиндре из бесцветного стекла, просматривая исследуемый напиток в свете, проходящем через стекло [12]. Установка вкуса и аромата осуществлена в широком стакане при 20 °C. Напитки суммарно оценивают по десяти бальной системе. Вкус должен соответствовать данному сорту напитка и оставаться неизменным при длительном хранении. Его оценивают по разным ощущениям, возникающим во вкусовых органах при дегустации в виде краткой последовательности отдельных ощущений, переходящих одно в другое, а затем затухающих с меньшей или большей скоростью. В общих чертах различают три вкусовых впечатления: Первое-смакование, второе - свежести и третье - послевкусие, в то же время общая картина этих отдельных вкусовых впечатлений должна быть уравновешенной (гармоничной). В алкогольном напитке различают также запахи: эфирные, ароматические, цветочные, химические, другие.

В исследованиях осуществлен органолептический анализ качества полученных образцов медов питьевых вареных по пяти основным элементам, с максимально возможным количеством баллов: прозрачность (0,5), цвет (0,5), букет (3), вкус (5) и типичность (1).

Очевидно, что процесс брожения медового сусла происходит неравномерно. В образцах медов питьевых 1 и 2 наблюдаем три "скачка" относительно количества выделения углекислоты: на первые, третьи и пятые сутки брожения. Образец 3 имеет отличие в том, что третий прыжок проявляется на седьмые сутки. Образец 4 не подпадает

под закономерности предыдущих трех, максимальное количество выделенного CO_2 проявляется на первые сутки брожения, после чего выделение его уменьшается и на пятые сутки снова незначительно увеличивается. В дальнейшем после семи суток интенсивность процесса брожения снижается.

После завершения процесса дображивания образцов меда питьевого (серия-1) проводили их дегустационную оценку. Как свидетельствуют полученные результаты, полученный мед питьевой полностью подходит стандарту, характеризуется прозрачностью, развитым легким, характерным для данного сорта меда, запахом и вкусом, приятным послевкусием, нежный букет, развитый, соответствующий возрасту (таблица 1).

Таблица 1 – Дегустационная оценка меда питьевого (серия 1)

Table 1 – Tasting evaluation of drinking honey (series 1)

Показатель	Характеристика	Оценка (баллы)
Прозрачность	Кристалльно чистый	0,5
Цвет	Полное соответствие типа и возраста	0,5
Букет	Тонкий и развитый, соответствующий типу и возрасту	3,0
Вкус	Очень тонкий и развитой, соответствующий типу и возрасту	3,0
Типичность	Полное соответствие типичные	1,0
Общая оценка	Напиток высокого качества	08

В серии исследований 2 изучено течение ферментации медов питьевых вареных с использованием дополнительного питания для дрожжей "АСТИВИТ". Время брожения образцов-8 суток (серия 2).

Среда для дрожжей ТМ "АСТИВИТ" (Польша) является универсальным питанием для дрожжей, позволяет сократить время брожения и обеспечивает правильный его ход, способствует восстановлению процесса брожения. "АСТИВИТ" поставляет все необходимые компоненты, необходимые для правильного роста дрожжей, что обеспечивает их оптимальную активность на всех этапах брожения. Его действие наиболее проявляется в средней стадии ферментации, способствуя полному выбраживанию сахаров, позволяя предупредить замедление и остановку брожения. Механизм действия "АСТИВИТ" заключается в возможности поставки источников азота и витаминов, которые в средней фазе брожения могут полностью потребляться, очистке (детоксикации) среды вследствие связывания ингибиторов брожения, таких как низкомолекулярные жирные кислоты и др., повышении жизнеспособности дрожжей, увеличивая их устойчивость к этанолу.

Препарат содержит: аминокислоты, витамины (B_1 , B_2 , B_6 , B_{12} , PP, холин и т.д.), минералы (Mg, Na, K, Ca). "АСТИВИТ" разводят в воде в соотношении 1:10. Дозировка: 0,1 г на 0,5 л медового сусла.

Очевидно, что максимальное выделение углекислого газа наблюдается уже на первые сутки брожения для образцов 2, 3 и 4 и в течение вторых суток ферментации - для образца 1. После второй эпохи исследований количество ежедневно выделенного CO_2 уменьшается.

Сравнивая данную серию с серией 1, стоит отметить, что процесс брожения проходит равномерно и быстрее. Очевидно, что использование дрожжевого разведения существенно уменьшает продолжительность лаг-фазы размножения дрожжей, интенсифицирует ход брожения медового сусла уже в течение первых суток брожения, положительно влияет на дегустационные характеристики готовых питьевых медов (развитый букет, тонкий вкус, гармоничность), что свидетельствует об их высоком качестве и соответствии стандарту (таблица 2).

Таблица 2 – Дегустационная оценка меда питьевого (серия 2)

Table 2 – Tasting evaluation of drinking honey (series 2)

Показатель	Характеристика	Оценка (баллы)
Прозрачность	Кристалльно чистый	0,5
Цвет	Полное соответствие типа и возраста	0,5
Букет	Очень тонкий и развитой, соответствующий типу и возрасту	4,0
Вкус	Очень тонкий и развитый, соответствующий типу и возрасту	4,0
Типичность	Полное соответствие типу	1,0
Общая оценка	Напиток исключительно высокого качества	10

Анализ физико-химических показателей образцов медов питьевых (Серия 1 и 2) свидетельствует о закономерном росте количества образованного этанола, но не пропорциональном (таблица 3, рисунок 1, рисунок 2).

Таблица 3 – Физико-химические показатели питьевого меда

Table 3 – Physico-chemical parameters of boiled drinking honey

Образец	Показатель			
	Содержимое СР, % мас.	pH	Содержание спирта, % об.	Плотность кг / м ³
Серия 1				
1	22,8	4,0	4,3	1,0911
2	21,0	4,0	7,1	1,1121
3	19,8	4,0	8,8	1,0869
4	18,0	4,1	10,1	1,0996
Серия 2				
1	22,8	3,8	5,2	1,0185
2	20,9	3,8	8,1	1,0955
3	19,4	3,9	8,7	1,0187
4	18,2	3,9	12,1	1,1284

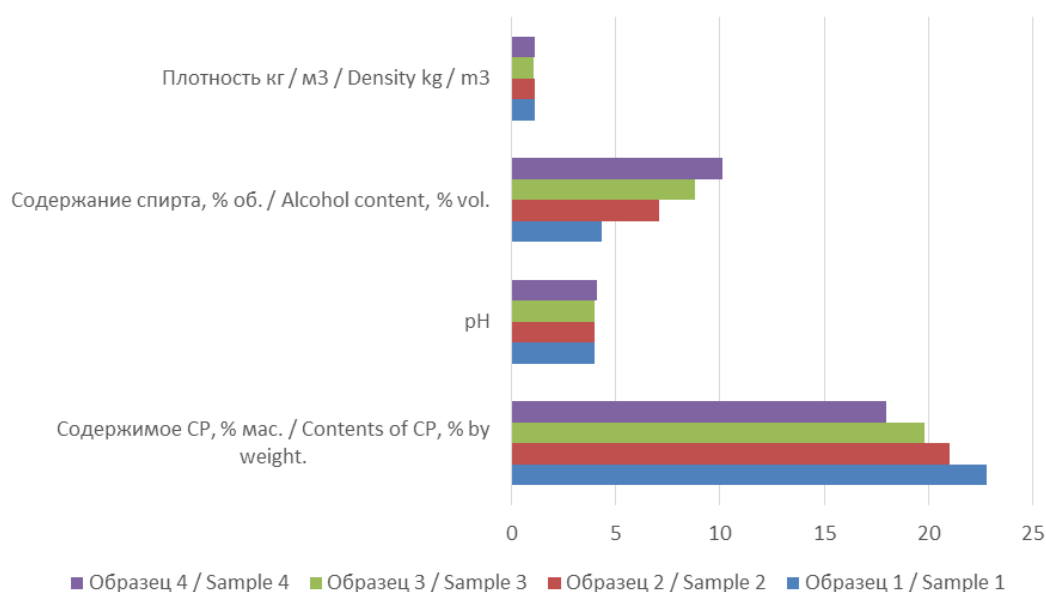


Рисунок 1 - Физико-химические показатели питьевых медовых напитков, серия 1

Figure 1 - Physico-chemical parameters of drinking honey drinks, series 1

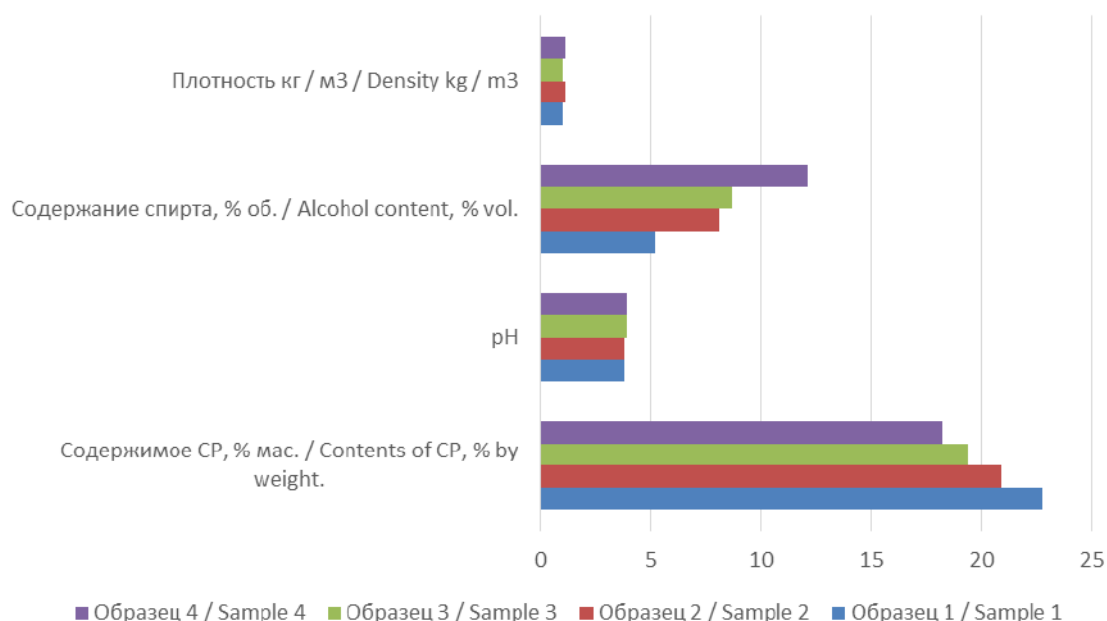


Рисунок 2 - Физико-химические показатели питьевых медовых напитков, серия 2

Figure 2 - Physico-chemical parameters of drinking honey drinks, series 2

Следовательно, установлена целесообразность использования дополнительного питания для дрожжей "АСТИВИТ", при этом максимальная спиртуозность (12,1% об.) характерна для образца 4 (концентрация дрожжевого разведения пивных дрожжей рода *Schizosaccharomyces*-18мл/100мл).

Выводы. Исследовано течение биохимических превращений компонентов в процессе сбраживания медового сусла. Изучено влияние химического состава субстрата и концентрации дрожжевого разведения на процесс сбраживания медов питьевых вареных. Для уменьшения продолжительности брожения рекомендовано использование дрожжевого разведение пивных дрожжей рода *Schizosaccharomyces*, приготовленного по специальной рецептуре, что существенно уменьшает продолжительность лаг-фазы размножения дрожжей, интенсифицирует ход брожения медового сусла, положительно влияет на дегустационные характеристики.

Рекомендовано внесение в медовое сусло дополнительного питания для дрожжей ("АСТИВИТ"), что увеличивает количество накопленного этанола, при этом минимализируя общую продолжительность брожения. Вышеупомянутое способствует совершенствованию технологии производства медов питьевых вареных, по сравнению с медаами ставленными, улучшению вкуса полученного напитка, положительно влияет на конечные экономические показатели процесса производства.

Процесс ферментации происходит быстрее, так как возбудителями брожения субстрата е лишь чистые расы дрожжей. Полученные эфирно-пряные меда питьевые вареные имеют улучшенные органолептические свойства и могут быть предложены к производству на предприятиях отрасли.

Библиографический список

1. Большаков Д. С., Кочетова А. Н., Подколзин И. В. Современные методы определения подлинности пищевых продуктов // Труды Федерального центра охраны здоровья животных. 2020. Т. 17. С. 257-299.
2. Бычкова В. А., Уткина О. С. Использование микрофлоры мёда в производстве функционального сывороточного напитка с лечебными травами // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (56). С. 20-30.

3. Дармаева Г. Г., Васильев С. С., Ханхалдаева С. Г. Д. Разработка рецептур напитков из сыворотки // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4(48). С. 241-246.
4. Жунева Л. С., Семченко М. В. Исследование состава биологически активных веществ травы мелиссы для использования в медовых напитках брожения / // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2019. № 3. С. 99-103.
5. Захматова А. Д., Сабо Д. А., Каменская Е. П. Использование винных дрожжей для сбраживания медового сусли // Ползуновский альманах. 2022. Т. 2. № 2. С. 26-29.
6. Кислицына Н. А., Калягин А. С. Особенности ассортимента медовых напитков // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 143-145.
7. Леонтьев Д. А. Потребительская ценность медовых напитков брожения с добавлением тыквенного пюре // Современные научные исследования и разработки. 2019. № 1(30). С. 645-647.
8. Назарова З. З., Харрасов А. А., Хасанова З. М., Хасанова Л. А. Создание электронной базы данных продуктов на основе меда // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2019. № 1(49). С. 53-56.
9. Нициевская К. Н., Бородай Е. В. Роль хвои как биологически активного вещества растительного происхождения в производстве пищевых продуктов (патентный обзор) // Инновации и продовольственная безопасность. 2022. № 3(37). С. 36-43.
10. Функциональные напитки на основе мелкоплодных яблок, тыквы, дикорастущего ягодного сырья и меда / А. С. Овчаренко, Н. А. Величко, Е. А. Расулова, О. В. Иванова // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 4 (34). С. 118-123.
11. Хайруллин Х. Х. Инновационные направления использования продуктов пчеловодства // Пчеловодство. 2019. № 4. С. 56-57.
12. Хасанов С. А., Назарова З. З., Хасанова З. М., Хасанова Л. А. Натуральные медово-яблочные напитки на основе пищевого сырья Республики Башкортостан // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2018. № 2 (46). С. 50-55.

Информация об авторах

Шоман Аружан, доктор философии (технические науки), Доктор PhD, кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: shoman_aruzhan@mail.ru

Тултабаева Тамара Чумановна, доктор технических наук, академик АСХН, Профессор кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: tamara_tch@list.ru

Тултабаев Мухтар Чуманович, доктор технических наук, Проректор по науке, Казахский университет технологии и бизнеса (улица Кайыма Мухамедханов 37А, Астана 010000, Казахстан), mail: shomanyli@mail.ru

Жуманова Умыт Тукуновна, доктор технических наук, Профессор кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: umyt.zhmanova@mail.ru

Шоман Асия, докторант PhD, докторант кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфулина (просп. Женис 62, Астана 010000, Казахстан), e-mail: a.tultabayeva@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-46

MECHANICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF THE DISPLACEMENT OF THE MELON WHIP BY AN ACTIVE WORKING BODY DURING THE PROCESSING OF CROPS

V.A. Tseplyaev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 07.10.2022

Submitted 14.12.2022

Abstract

Relevance. Melon crops in the arid zones of the Volga region occupy quite large areas and are considered one of the profitable crops. To date, about 50% of the melon production of the Russian Federation is produced by the Southern Federal District. The main share of the area under melon crops on the Bogar in the Southern Federal District falls on the Volgograd region. The area under them reaches 110 thousand hectares. This is primarily due to the high profitability of the crop, reaching (200...250)%, as well as the corresponding climatic conditions. A serious problem in their cultivation remains the high labor intensity, reaching 25 thousand rubles / ha, as well as the presence of manual operations in the technological process. They are associated with weeding rows of weeds, as well as harvesting fruits, especially watermelons and melons. Weeding rows is complicated by the fact that it must be performed in a certain, fairly short time (no more than 10 days), the presence, along with weeds, of cultivated plants, as well as the versatility of the operation. Therefore, below we present the material related to theoretical research on the study of the operation of the chisel inertial block extractor (CHIBIS-1A) of weeds, which excludes or minimizes damage to cultivated plants. Such a machine is capable of processing the protective zone of a row of melon crops and its working organs, in the form of staples, reduce the impact on the root system and the vegetative part of the plant. **An object.** The object of the study is the technological process of processing melon crops with an active and working organ that excludes damage to the whip. **Materials and methods.** Development and mathematical description of a model for moving a crop of melons by a mechanical working body when processing crops from weeds using the Euler formula. **Results and conclusions.** A mechano-mathematical model of the movement of a melon crop whip by an active working organ has been developed and a pattern of changing the displacement angle has been found.

Keywords: melon lash, "Shatrik" phase, active brace, weed combing, overflowing angle, lash formation, coefficient of friction, displacement angle, melon row.

Citation. Tseplyaev V.A. Mechanical and mathematical model of the displacement of the melon whip by an active working body during the processing of crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 378-389 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-46.

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

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

УДК 631.334

МЕХАНО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СМЕЩЕНИЯ ПЛЕТИ БАХЧЕВЫХ АКТИВНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОСЕВОВ

В. А. Цепляев, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 07.10.2022

Дата принятия к печати 14.12.2022

Актуальность. Бахчевые культуры в засушливых зонах Поволжья занимают достаточно большие площади и считаются одной из прибыльных культур. К настоящему времени около 50 % продукции бахчеводства РФ производит Южный федеральный округ. Основная доля площадей под бахчевыми культурами на богаре в ЮФО приходится на Волгоградскую

область. Площадь под ними достигает 110 тыс. га. Это связано в первую очередь, с высокой рентабельностью культуры, достигающей (200...250)% а также соответствующими климатическими условиями. Серьезной проблемой при их возделывании остается высокая трудоемкость, достигающая 25 тыс. руб/га, а также наличием в технологическом процессе ручных операций. Они связаны с прополкой рядков от сорной растительности, а также с уборкой плодов, особенно арбузов и дынь. Прополка рядков осложняется тем, что ее необходимо выполнить в определенные, достаточно сжатые сроки (не более 10 дней), наличием, наряду с сорняками, культурных растений, а также многогранностью выполнения операции. Поэтому ниже представим материал, связанный с теоретическими исследованиями по изучению работы чизельного инерционно-блочного извлекателя сорняков (ЧИБИС-1А), исключающего или снижающего до минимума повреждение культурных растений. Такая машина способна обрабатывать защитную зону рядка посевов бахчевых, а ее рабочие органы, в виде скоб, снижают воздействие на корневую систему и вегетативную часть растения. **Объект.** Объект исследования технологический процесс обработки посевов бахчевых культур активным и рабочим органом, исключающим повреждение плети. **Материалы и методы.** Разработка и математическое описание модели перемещения плети бахчевых культур механическим рабочим органом при обработке посевов от сорняков с использованием формулы Эйлера. **Результаты и выводы.** Разработана механо-математическая модель перемещения плети бахчевых культур активным рабочим органом и найдена закономерность изменения угла смещения.

Ключевые слова: плети бахчевых культур, фаза «Шатрик», активная скоба, вычесывание сорняков, плетеобразование бахчевых, посеvy бахчевых.

Цитирование. Цепляев В.А. Механо-математическая модель смещения плети бахчевых активным рабочим органом при обработке посевов. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 378-389. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-46.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Бахчеводство – одна из отраслей сельскохозяйственного производства, способная приносить достаточно высокую прибыль [8, 10]. Площадь размещения бахчевых культур расширяется и составляет только в Волгоградской области более 100 тысяч гектар. Известно, что бахчевые культуры весьма чувствительны к площади питания, особенно среди них тыква [5, 6]. При ее возделывании расстояние между рядками (междурядье) достигает 2,1 м, а между гнездами в рядках (междугнездь) 1,8 м. [14, 15]. При посеве семян арбуза эти размеры составляют 1,8*1,5 м. Семена других бахчевых высеваются по схеме посева близкой и указанной выше. Естественно свободная вокруг растения площадь бурно зарастает сорной растительностью. Для ее удаления применяются различные машины в первую очередь культиваторы с пассивными рабочими органами [5, 6]. При подрезании сорняков культиваторными лапами уничтожается в основном вегетативная часть, а большая часть корневой системы продолжает развиваться и через небольшой промежуток времени сорняки снова прорастают, а за этим следует очередная операция по их удалению. Эта операция повторяется многократно. Уменьшить количество обработок возможно при использовании машин, с рабочими органами активного типа [1, 2, 8]. Они способны выполнять вычесывание сорняков воздействуя непосредственно на корневую систему [10, 11]. Однако, одновременно с удалением сорной растительности, следует снижать, до минимума воздействие на культурные растения. Именно на снижение повреждения плетей бахчевых культур и направлена представленная ниже статья.

Цель работы заключается в создании механо-математической модели и последующем нахождении закономерности изменения угла смещения плети, исключающего ее разрыв или отрыв у корня. Следует отметить, что выращивание бахчевых связано с до-

статочной большой трудоемкостью, достигающей 160...180 чел·ч/га [14]. Особенно большие затраты связаны с обработкой посевов бахчевых и других культур от сорной растительности, на проведение этой операции приходится до 40% от общих затрат [3, 7, 9].

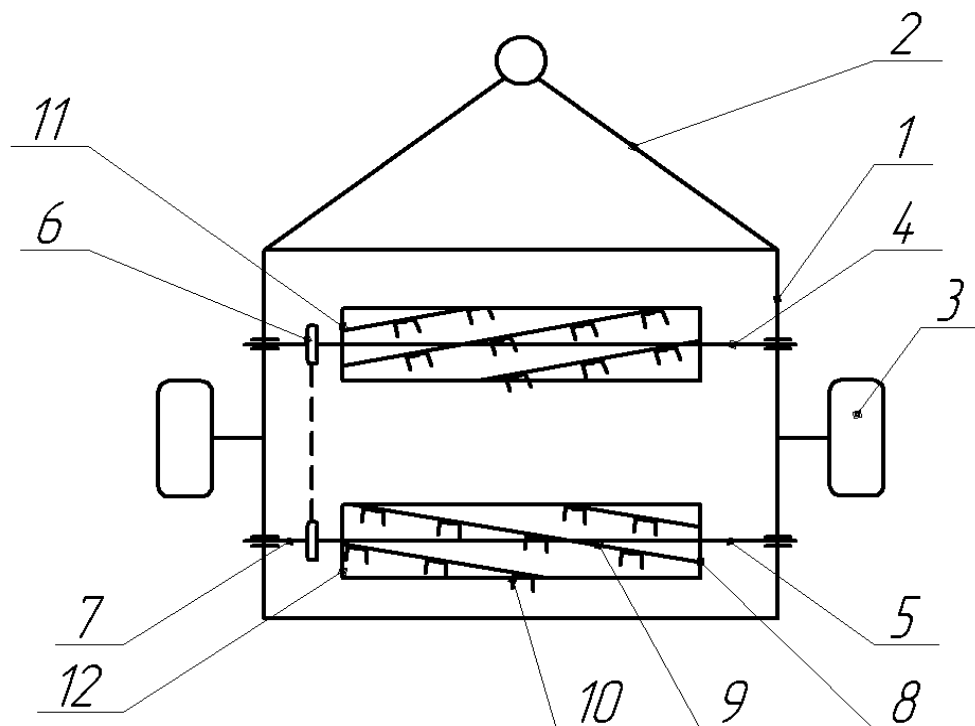


Рисунок 1 – Схема машины для ухода за посевами бахчевых культур:

1-рама, 2-прицепное устройство, 3-опорные колеса, 4-передний вал, 5-задний вал, 6- передняя звездочка, 7-задняя звездочка, 8-диски, 9-гребенки, 10-дугообразный элемент, 11-передняя батарея, 12- задняя батарея

Figure 1 – Diagram of a machine for caring for melon crops:

1-frame, 2-trailer, 3-support wheels, 4-front shaft, 5-rear shaft, 6- front sprocket, 7-rear sprocket, 8-discs, 9-combs, 10-arc-shaped element, 11-front battery, 12- rear battery

Машина включает раму 1, к которой в передней части жестко закреплено прицепное устройство 2, в нижней части к раме 1 с возможностью вертикального перемещения закреплены опорные колеса 3, на раму посредством подшипников опираются передний 4 и задний 5 валы, на которых в левой части установлены звездочки 6 и 7 соответственно, причём количество зубьев на звездочке 6 больше чем у звездочки 7, к валам 4 и 5 жестко прикреплено по два диска 8, между которыми находятся гребенки 9, закреплённые таким образом, что концы подпружиненных дугообразных элементов 10, находящихся на них, располагаются по винтовым линиям. Вал 4 со звездочкой 6, диски 8, гребенки 9, скобы 10 образуют переднюю батарею 11, а вал 5, со звездочкой 7, дисками 8, гребенками 9, скобами 10 образуют заднюю батарею 12. Передняя и задняя батареи соединены цепной передачей, причем направление винтовых линий, на которых располагаются концы скоб противоположное [10], а сами скобы на передних и задних батареях смещены на ширину захвата каждой.

Орудие для поверхностной обработки почвы работает следующим образом.

При взаимодействии скоб с почвой возникает момент, обеспечивающий вращение батарей. Однако, за счет разности зубьев звездочек 6 и 7 цепной передаче, передняя батарея притормаживается, поскольку звездочка задней батарей, имея меньшее ко-

Принцип инерционного захвата плети активной скобой потенциально создает условия для её отрыва, но при этом может служить перспективной моделью по созданию вычесывающих рабочих органов для удаления сорняков. Математический анализ такого процесса в земледельческой и теоретической механике не представлен. В основу теоретических исследований данного процесса возможного отрыва плети положена известная формула Эйлера о силе натяжения F гибкого элемента за счет угла охвата ξ в виде подпружиненной скобы круглого или близкого к нему сечения, коэффициента трения f и силы F_0 ; инерционного торможения стебля (рисунок 2):

Отрыв плети происходит при условии $F > [F_i]$, где $[F_i]$ – прочность плети.

Наряду с выполнением указанного процесса, при выходе скобы из почвы возможно повреждение плети растения. В последующем все рассуждения будут сводиться именно к плети бахчевых культур, при этом критическим может быть момент отрыва плети возле корня, что приведет к полной гибели всего растения.

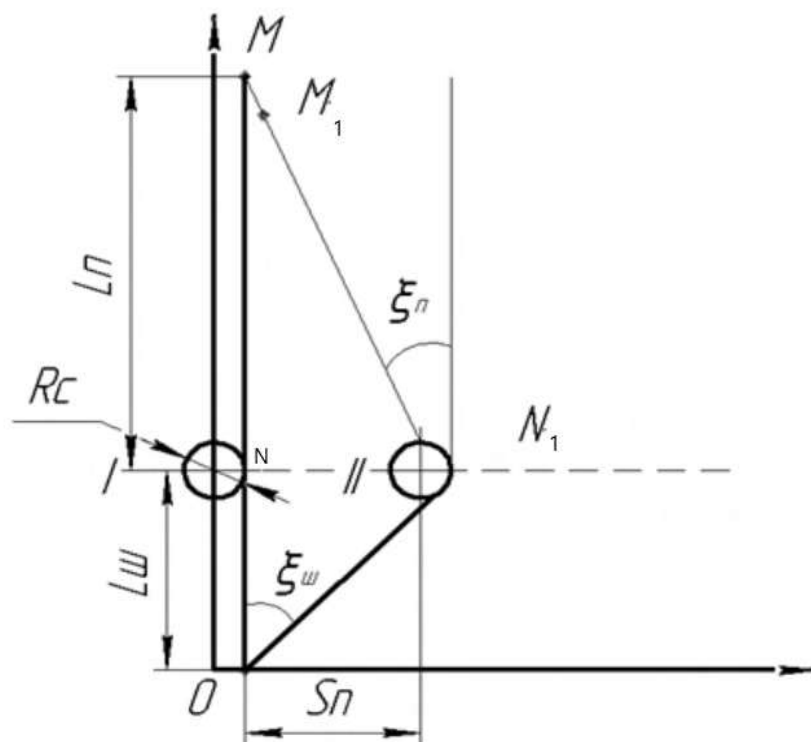


Figure 2 – The scheme of moving the whip by the working body

Снижение процентов повреждения растений можно добиться за счёт конструкторских решений. Скоба – один из основных элементов представленной конструкции. Именно она непосредственно взаимодействует растением, а её важным параметром яв-

ляется угол захлестывания. Рассмотрим процесс взаимодействия скобы с растением бахчевых в фазе «шатрик» – «плетеобразование». Представим схематично растение в осях координат (вид сверху) из положения ONM за счёт действия скобы растение перемещается в положение ON₁M.

Для определения условия исключаяющего отрыв плети бахчевых у корня воспользуемся формулой Эйлера об изменении силы натяжения T_n гибкого элемента от угла захлестывания « $\xi_{ш}$ » подпружиненной скобы округлого сечения. При этом необходимо учесть коэффициент трения f_{Σ} плети о поверхность скобы, силы T_{τ} инерционного сопротивления стебля.

Исходя из обозначений и учитывая уравнение Эйлера, представим зависимость:

$$T_n = [T_{\tau}] \cdot e^{f_{\Sigma} \cdot \xi_m}, \quad (2)$$

где f_{Σ} – коэффициент трения от силы тяжести и инерционной силы плети.

Условия отрыва плети вполне логично представить в виде:

$$T_n \leq [T_{\tau}], \quad (3)$$

где $[T_{\tau}]$ – предельная прочность плети.

Перемещение плети скобой по направлению NN₁ будет сопровождаться её одно-временным скольжением по поверхности последней. Это перемещение будет проходить в двух направлениях: вдоль оси скобы и поперёк её. Поэтому силу трения необходимо определять с учётом уравнения И. В. Крагельского:

$$F = \alpha S_{\phi} + \beta N, \quad (4)$$

где α и β – константы трения; S_{ϕ} – фактическая площадь поверхности соприкосновения трущихся тел.

Условием трения будем считать взаимодействие плети, в виде упругой нити, с поверхностью цилиндрической скобы. Площадь её поверхности будет зависеть от углов охвата скобы $\xi_{ш}$ и ξ_n .

Исходя из представленного анализа проведём некоторые обозначения, а именно, примем, что $\beta = f$ – коэффициент трения плети при осевом её перемещении по скобе, $\alpha = \frac{Q_{\tau}}{S_{\phi}}$ – усилие на единицу площади, Q_{τ} – сила трения при перемещении плети по скобе в поперечном направлении.

Однако первое слагаемое в указанной формуле – это по существу сила трения от действия распределённой нагрузки, в данном случае изогнутой под углами $\xi_{ш}$ и ξ_n плети по скобе.

Следовательно, сила трения, по аналогии с её пониманием физического явления может быть определена через реактивную силу, действующую от плети на поверхность рабочего органа при его поступательном движении. По существу, учитывая последние рассуждения, для изучаемого процесса следует записать, что

$$F' = f' \cdot \alpha \cdot S_{\phi}, \quad (5)$$

где f' – коэффициент трения движения. Тогда, учитывая указанные рациональные рассуждения, формула Эйлера можем представить в виде:

$$T_n = T_{\tau} \cdot (e^{(\xi_{ш} + \xi_n) \cdot f_n} + e^{(\xi_{ш} + \xi_n) \cdot f'_n}). \quad (6)$$

Полученное выражение (6) представляет собой уравнение со многими неизвестными. Поэтому необходимо параметры одних неизвестных принять в соответствии с конструкторскими решениями, при этом остальные подлежат расчётам. В данной задаче необходимо определить усилие T_τ и углы захлестывает плети $\xi_{ш}$.

На графике (рис.2) схематично представлена скоба округлого сечения радиусом r_c в исходном положении I и после его перемещения, отрезок S_n - положение II.

При движении скоба захватывает плеть, которая смещается, отклоняясь на углы $\xi_{ш}$ и ξ_n . Они обозначены, как углы захлестывания плети. При этом плеть на участке ON_1 выглядит в виде отрезка прямой, в виду небольшого роста растения в фазе «шатрик». Плеть M_1N_1 - смещается по некоторому криволинейному участку, имея большую длину. Плеть обладает абсолютной гибкостью, не растягивается, а её масса равномерно распределённая. Углы $\xi_{ш}$ и ξ_n не равны между собой. Значения коэффициентов трения f_n и f'_n известны, поскольку получены экспериментальными исследованиями.

Скольжение плети по поверхности скобы будет проходить со скоростью V_n , при этом её величина - это проекция скорости V_c - движению скобы на участке x_c . Её величина определится из выражения:

$$v_n = \frac{v_c}{\sin \xi_{ш}} . \quad (7)$$

Однако перемещение плети по отношению к скобе будет проходить в обратном направлении, т.е.

$$v_n = - \frac{v_c}{\sin \xi_{ш}} , \quad (8)$$

$$l'_n = v_n = - \frac{v_c}{\sin \xi_{ш}} . \quad (9)$$

Для определения ускорения скольжения плети возьмём производную по времени t .

$$\ddot{x}_n = - \frac{v_c \cos \xi_{ш}}{\sin^2 \xi_{ш}} . \quad (10)$$

Поскольку плеть перемещается в осевом направлении по скобе радиусом r_c представим схему взаимодействия скобы и плети на рисунке 3.

При движении скобы со скоростью V_c плеть будет скользить по её поверхности и отрезок пути этого скольжения может быть определён:

$$L'_n = KK_{ш} = KK_n + OK_n - OK_{ш} . \quad (11)$$

В соответствии со схемой:

$$KK_n = r_c \cdot \xi_{ш} , \quad (12)$$

$$OK_n = \frac{L_{ш} - l'_n}{\cos \xi_{ш}} , \quad (13)$$

$$OK_{ш} = L_{ш} . \quad (14)$$

Из схемы (рисунок 3) следует:

где r_c – радиус скобы, м; $L_{ш}$ – высота плети в фазе «шатрик», l'_n - отрезок от точки захвата плети до оси перемещения скобы, м.

Подставим указанные величины в выражение (9):

$$L'_n = r_c \cdot \xi_{ш} + \frac{L_{ш} - l'_n}{\cos \xi_{ш}} - L_{ш}. \quad (15)$$

Поскольку $l'_n = r_c \cdot \xi_{ш}$, проведем преобразования полученного выражения:

$$L'_n = r_c(\xi_{ш} - \operatorname{tg} \xi_{ш}) + l'_n \left(\frac{1}{\cos \xi_{ш}} - 1 \right). \quad (16)$$

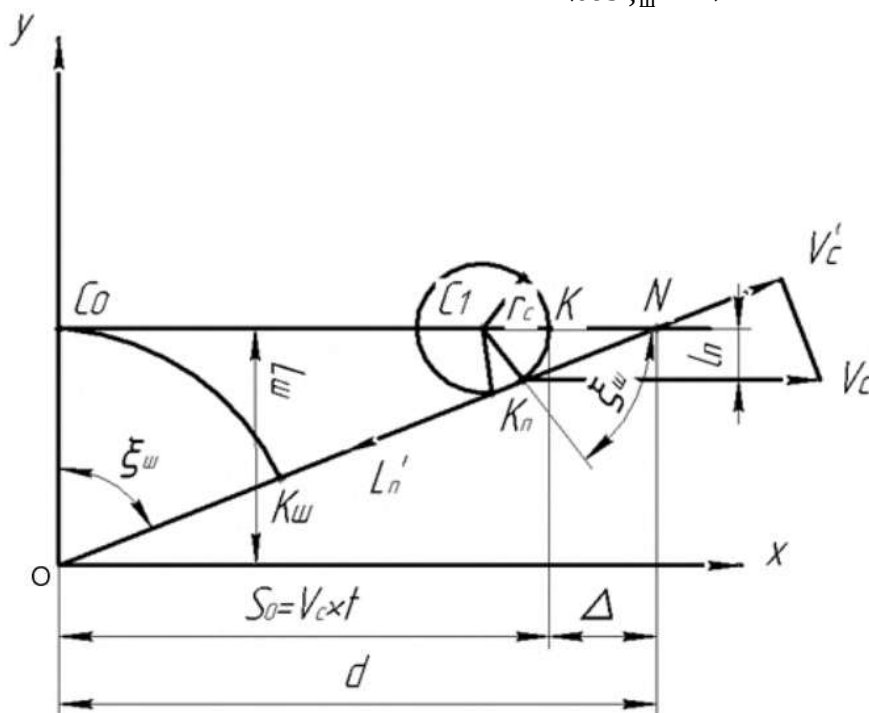


Рисунок 3 – Схема скольжения плети по скобе

Figure 3 – Scheme of the whip sliding on the bracket

Обозначим время скольжения плети по скобе через ее скорость движения, при этом:

$$S_o = d - \Delta, \quad (17)$$

$$t_{ш} = \frac{1}{v_c} \left[L_{ш} \cdot \operatorname{tg} \xi_{ш} - r_c \left(\frac{1}{\cos \xi_{ш}} - 1 \right) \right]. \quad (18)$$

При повороте плети на угол $\xi_{ш}$ ее угловая скорость $\dot{\xi}_{ш}$ определится, если взять производную $t'_{\xi_{ш}}$ обратной функции:

$$\dot{\xi}_{ш} = \frac{1}{t'_{\xi_{ш}}}. \quad (19)$$

Тогда:

$$\begin{aligned} t'_{\xi_{ш}} &= \frac{1}{v_c} \left(L_{ш} \cdot \operatorname{tg} \xi_{ш} - r_c \left[\left(\frac{1}{\cos \xi_{ш}} - 1 \right) \right]'_{\xi_{ш}} \right) = \\ &= \frac{1}{v_p} \left[\frac{L_{ш}}{\cos^2 \xi_{ш}} - r_c \left(-\frac{1}{\cos^2 \xi_{ш}} \right) \cdot (-\sin \xi_{ш}) \right]. \end{aligned} \quad (20)$$

В конечном виде после преобразований значение угловой скорости определится:

$$\dot{\xi}_{ш} = \frac{v_c \cdot \cos^2 \xi_{ш}}{L_{ш} \left(1 - \frac{r_c}{L_{ш}} \cdot \sin \xi_{ш}\right)}. \quad (21)$$

Однако скорость движения скобы v_c является величиной переменной, т.к. ось скобы движется поступательно со скоростью движения машины - v_m , а скоба вращается вместе с валом. Таким образом, движение скобы происходит по некоторой траектории – циклоиде [8, 11, 14]. Траектория движения точек передней скобы – это укороченная циклоида, а задней – удлиненная.

Судя по выражению (21) угловая скорость движения плети $\dot{\xi}_{ш}$ и скорость скобы v_c находится в прямопропорциональной зависимости. Отсюда следует, что увеличение скорости движения скобы вызовет повышение угловой скорости скольжения плети. Это может привести к отрыву последней. Поэтому рассматривать необходимо вариант при максимальной угловой скорости скобы. Тогда скорость движения скобы по горизонтальной оси Ox будет равна:

$$v_c = v_m - w_c \cdot R_w \cdot \sin wt, \quad (22)$$

где w – угловая скорость поворота вала со скобой, c^{-1} ; R_w – радиус скобы, м; t – время поворота скобы, с.

Наиболее выгодным, для снижения повреждения в момент захвата плети скобой, будет условие:

$$v_m - R_w \cdot w_c \cdot \sin \varphi'_c = 0, \quad (23)$$

где φ'_c - угол поворота скобы при контакте с плетью.[10, 11].

$$\varphi'_c = \arcsin \frac{1}{\lambda}, \quad (24)$$

где $\lambda = \frac{u_c}{v_m}$ – кинематический показатель, u_c - окружная скорость скобы, м/с.

Учитывая формулу (24) запишем:

$$\dot{\xi}_{ш} = \frac{(v_m - R_w \cdot w_c \cdot \sin \varphi'_c) \cdot \cos^2 \xi_{ш}}{L_{ш} \left(1 - \frac{r_c}{L_{ш}} \cdot \sin \xi_{ш}\right)}. \quad (25)$$

Плеть будет скользить по скобе с некоторым ускорением по мере перемещения последней. Тогда учитывая выражение (8) запишем:

$$\ddot{x}_n = - \frac{(v_m - R_w \cdot w_c \cdot \sin \varphi'_c)^2 \cdot \cos^3 \xi_{ш}}{L_{ш} \left(1 - \frac{r_c}{L_{ш}} \cdot \sin \xi_{ш}\right)}. \quad (26)$$

Конечная задача сводится к определению угла $\xi_{ш}$.

При этом следует учитывать, что скорость движения плети V'_n и скорость перемещения скобы будут иметь разные значения. На основе знаний законов теоретической механики можно записать:

$$v_n = 2 \cdot (v_m - R_w \cdot w_c \cdot \sin \varphi'_c), \quad (27)$$

где φ_n – коэффициент трения плети о наружную поверхность скобы.

Тогда отношение скоростей $\frac{v_n}{v_c} = \eta_n$.

$$X = v_c \cdot t \cdot \eta_n = \eta_n \left[L_{\text{ш}} \cdot r_c \left(\frac{1}{\cos \xi_{\text{ш}}} - 1 \right) \right]. \quad (28)$$

Проведя математические преобразования получим:

$$\eta_n \{ [L_{\text{ш}}^2 + (x - r_c)^2] \cdot \sin \xi_{\text{ш}} - 2L_{\text{ш}} \cdot r_c \cdot \sin \xi_{\text{ш}} + r_c^2 - (x - r_c)^2 \} = 0. \quad (29)$$

Если полученное уравнение разделить на $[L_{\text{ш}}^2 + (x - r_c)^2]$ получим уравнение:

$$\eta_n \left[\sin \xi_{\text{ш}} - \frac{2L_{\text{ш}} \cdot r_c}{L_{\text{ш}}^2 + (x - r_c)^2} \cdot \sin \xi_{\text{ш}} + \frac{\left(\frac{r_c}{x - r_c} \right)^2 - 1}{\left(\frac{L_{\text{ш}}}{x - r_c} \right)^2 + 1} \right] = 0. \quad (30)$$

В конечном виде угол $\xi_{\text{ш}}$ определится:

$$\xi_{\text{ш}} = \arcsin \frac{L_{\text{ш}} \cdot r_c \pm (x - r_c) \sqrt{L_{\text{ш}}^2 + x^2 - 2r_c x}}{L_{\text{ш}}^2 + (x - r_c)^2 * \eta_n}. \quad (31)$$

В полученной зависимости $\xi_{\text{ш}}$ величина x является переменной, поскольку плетть рассматривается как физическая величина, то принимаем условие, что она имеет круглое сечение диаметром d_n , ее радиус обозначим ρ_n . Скольжение плети по поверхности скобы без повреждения выражаем как ее перекачивание при малых размерах самой плети.

Тогда скорость, с которой перемещается плетть, определится:

$$v_n = v_c * \frac{(r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}}{r_c}. \quad (32)$$

Взаимодействие скобы с плетью может привести к захлестыванию конца плети и повреждению. Предельное значение плети:

$$L_n = 2\pi r_c. \quad (33)$$

Исходя из уравнений 32 и 33 найдем значение времени скольжения плети по скобе:

$$t_n = \frac{2\pi r_c}{v_n} = \frac{2\pi r_c^2 * r_c}{v_c * (r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}} = \frac{2\pi r_c^2}{v_c (r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}}. \quad (34)$$

Учитывая, что

$$x = (v_m - R_w \sin \varphi'_c) * t, \quad (35)$$

определим x

$$x = \frac{2\pi r_c^2}{(r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}} \quad (36)$$

Значение x , поставим в формулу 31, в результате получим:

$$\xi_{\text{ш}} = \arcsin \frac{L_{\text{ш}} \cdot r_c \pm \frac{2\pi r_c^2}{(r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}} [L_{\text{ш}}^2 + \left(\frac{2\pi r_c^2}{(r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}} \right)^2 - \frac{4\pi r_c^2}{(r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}}]}{L_{\text{ш}}^2 + \left[\frac{2\pi r_c^2}{(r_c^2 + \rho_n^2)^{1/2}} - r_c \right]^2} \quad (37)$$

Выражение (37) может быть решено только цифровым методом с использованием программы Mathcad. Ниже представлена блок-схема и графики, полученные по результатам решения (рисунки 4-6).

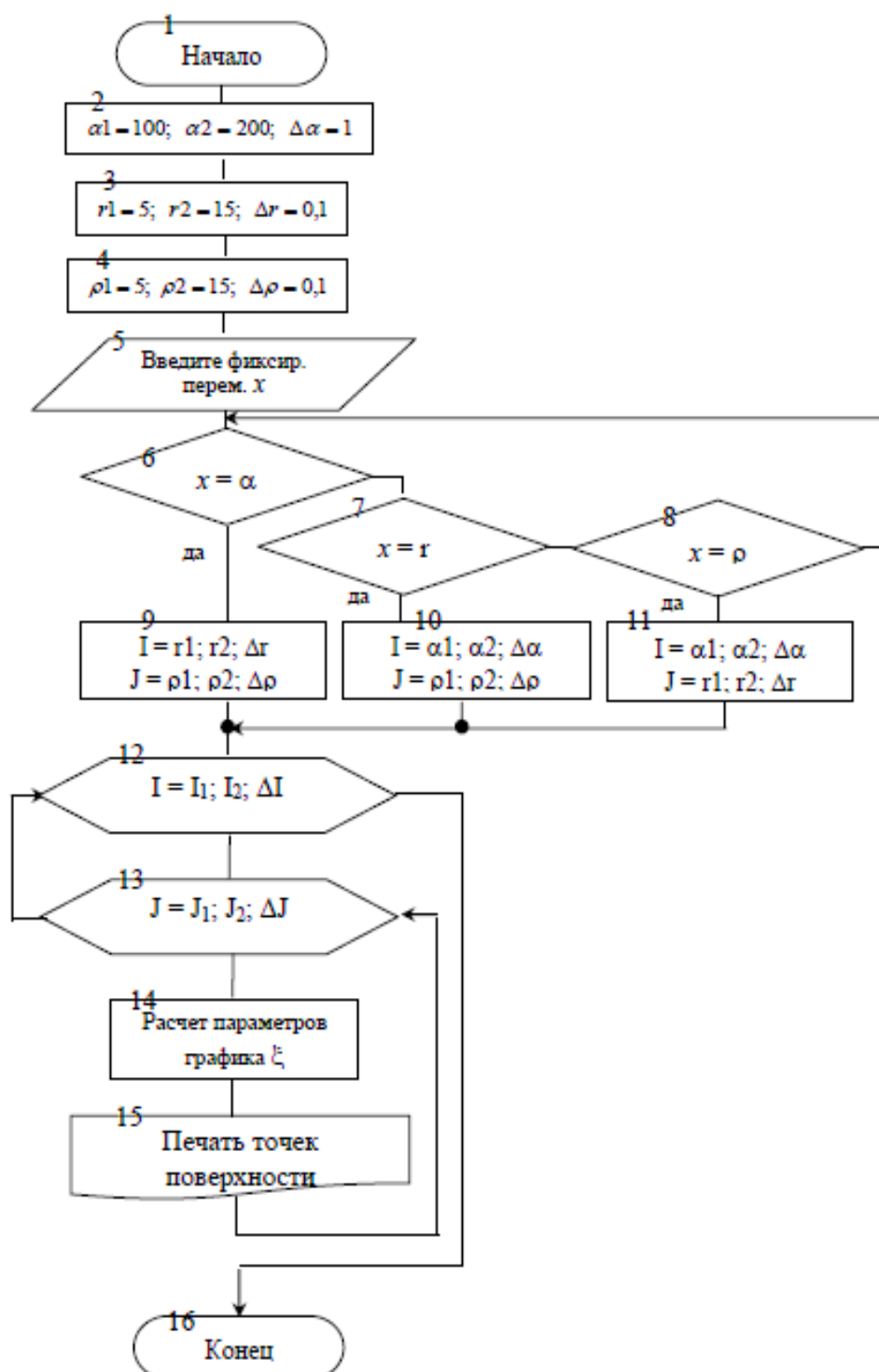


Рисунок 4 – Алгоритм расчета угла смещения плети бахчевых культур скобой вычёсывателя сорняков

Figure 4 – Algorithm for calculating the angle of displacement of the lash of melon crops by the brace of the weed comb

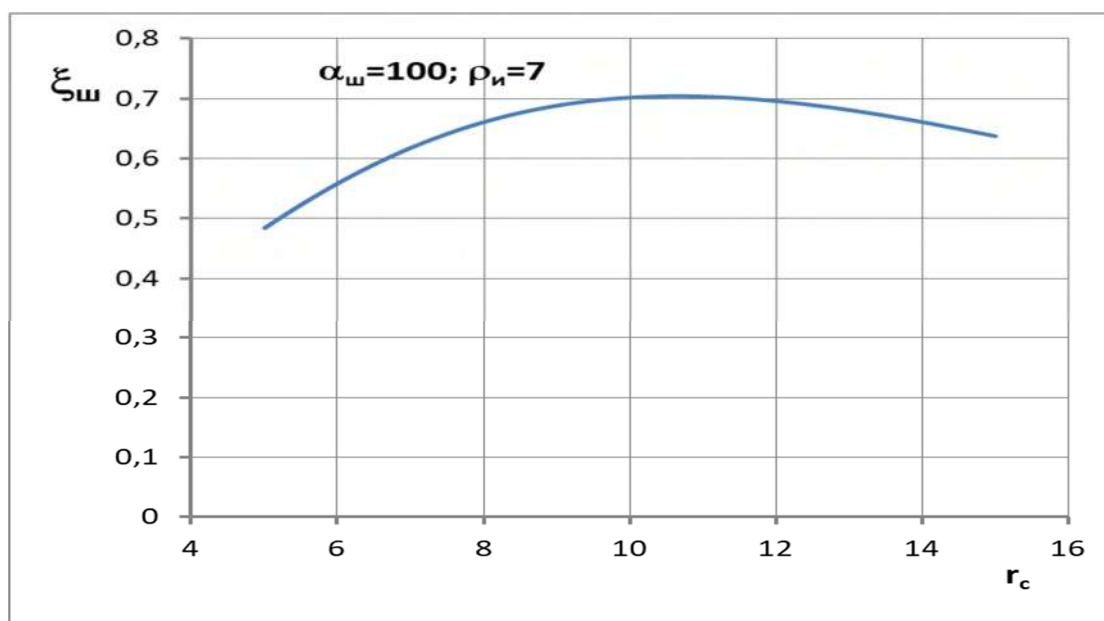


Рисунок 5 – Зависимость изменения угла смещения плети ($\xi_{ш}$) от радиуса скобы (r_c)

Figure 5 – Dependence of the change in the angle of displacement of the whip ($\xi_{ш}$) on the radius of the bracket (r_c)

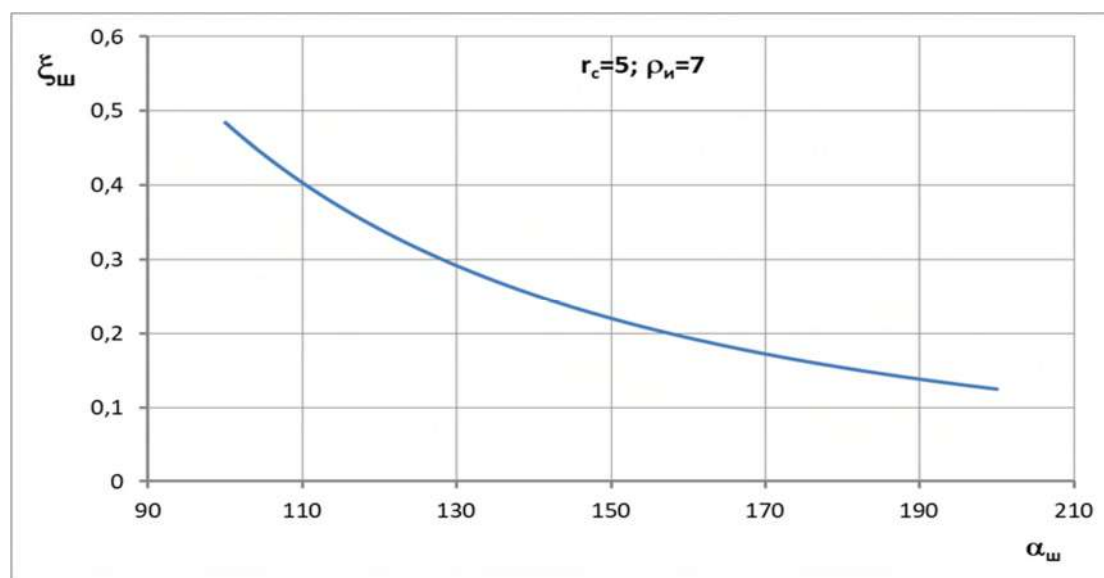


Рисунок 6 – Зависимость изменения угла смещения плети ($\xi_{ш}$) от ее длины ($L_{ш}$)

Figure 6 – The dependence of the change in the angle of displacement of the whip ($\xi_{ш}$) on its length ($L_{ш}$)

Выводы. Исходя из технологического процесса обработки посевов бахчевых культур от сорняков, рассмотрено взаимодействие рабочего органа в виде скобы с плетью бахчевых. При этом на основании полученного теоретическим путем графика найдены зависимости угла смещения плети из нулевого положения до максимально возможного, исключающего отрыв плети у корня. По результатам реализованной программы получены теоретические графики (рисунки 5 и 6). Оптимальный размер радиуса скобы может быть в пределах от 10 мм до 14 мм (рисунок 5) при этом допустимое

смещение плети составляет до 41^0 ($0,7$ рад.). Что касается перемещения плети в зависимости от её прироста после фазы «Шатрик» (рис. 6), то следует отметить: при минимальном приросте плети – 100 мм угол смещения может составлять 28^0 ($0,48$ рад.), а при её разрастание до 190 мм – на 9^0 ($0,15$ рад.) без её отрыва у корня. Следовательно, исходя из условия исключаящего отрыв растения бахчевых у корня, угол смещения плети не должен превышать 9^0 ($0,15$ рад.).

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. Байрамбеков Ш. Б., Боева Т. В., Соколов А. С. Основные элементы технологии возделывания бахчевых культур // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 31-35.
3. Берназ Н. И. Защита овощных культур от сорных растений // Фермер. Черноземье. 2018. № 6 (15). С. 34-36.
4. Быковский Ю. А., Колёбошина Т. Г. Технология производства бахчевых // Картофель и овощи. 2016. № 10. С. 11-13.
5. Геометрия посева пропашных культур / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, А. А. Земляной, В. Ю. Ланцев, Д. В. Акишин, А. С. Ибраев, А. В. Якушев // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 1. С. 59-66.
6. Ключков А. В. Механические и физические методы борьбы с сорняками // Наше сельское хозяйство. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2020. № 17 (241). С. 84-89.
7. Соколов А. С., Байрамбеков Ш. Б., Соколова Г. Ф. Влияние обработки почвы, удобрений, гербицидов на засоренность и урожайность овощных культур в севообороте // Успехи современного естествознания. 2018. № 8. С. 78-84.
8. Соколов А. С., Соколова Г. Ф. Изучение влияния кратности междурядных обработок на засоренность и урожайность дыни в Астраханской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (163). С. 76-81.
9. 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.
10. Цепляев В. А. Теоретическое обоснование технологии ухода за посевами // Изв. Нижневолж. агроунивер. комплекса. 2022. № 2. С. 314–320.
11. Цепляев В. А., Матасов А. Н., Цепляев А. Н. Агрегат для удаления сорняков методом теребления // Сельский механизатор. 2014. № 9. С. 8-9.
12. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. KrasiaChristoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. article number 104048.
13. Agrotechnical and chemical methods of weeds control in the vegetable crop rotation link / Sh. B. Bairambekov, O. G. Korneva, E. V. Polyakova, G. V. Gulyaeva, A. S. Sokolov // Ecology, Environment and Conservation Journal Papers. 2017. Vol. 23 (3). P. 1684-1690.
14. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies / S. S. Rathore, K. Shekhawat, A. Class, O. P. Premi, B. S. Rathore, V. K. Singh // Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). P. 531-541.
15. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). P 3107-3112.

Информация об авторе

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

THEORETICAL DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE MUSTARD SEED CLEANER HOPPER

V. E. Berdyshev¹, V. A. Tseplyaev², A. N. Tseplyaev³,
A. E. Gabidulina², S. I. Bogdanov²

¹FGBOU VO «Russian State Agrarian University –
Moscow Agricultural Academy named after Timiryazeva», Moscow, Russia

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

³All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

Received 17.10.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

The article provides a theoretical justification of the conditions for the movement of mustard seeds in the hopper of a pneumomechanical rotary separator, ensuring the continuity of the technological process of separating the heap. Analytical dependences are presented to determine the optimal angle of inclination of the sidewall of the hopper, which ensures continuous rolling of seeds to the outlet window. The main parameters of the outlet window include the volume and mass flow of seeds through the hopper window, the maximum rate of seed flow through the hole, as well as the area of the outlet window and its dimensions. Based on the data obtained, the design and kinematic parameters of the pneumomechanical rotary separator are determined in the form of analytically obtained formulas.

Abstract

Introduction. The problem of cleaning the mustard seed heap is relevant for the Lower Volga region, because in arid climates, mustard is the only oilseed crop capable of producing a stable seed harvest. The area of mustard sowing in the Volgograd region is 60% of the acreage occupied by this crop in Russia. Preparation of seed material of agricultural crops (in particular mustard) is reduced to high-quality post-harvest processing of seeds, bringing it to conditioned purity, that is, to the possibility of a more complete separation of impurities, as well as sorting and calibration - obtaining the most complete, biologically speaking, seeds of the main crop. **The purpose of the work is** carrying out analytical calculations to determine the main parameters of the loading hopper of a pneumomechanical rotary separator designed for cleaning a pile of mustard seeds. **An object.** The object of research is the loading hopper of a pneumomechanical rotary separator. **Materials and methods.** The research was carried out at the Department of "Technical Systems in Agriculture" of the Volgograd State Agrarian University. When preparing the article, the methodology of analytical studies and the sequence of stages for determining the main parameters of the separator loading hopper are considered. Initially, the device of the loading hopper of a pneumomechanical rotary separator was considered. The technological process of separating the seed pile of small-seeded crops is calculated based on the basic design and kinematic parameters of the rotary separator. Since all parameters must be determined while maintaining the continuity of the technological process and the productivity of the unit, the determination of the estimated parameters of the loading hopper is included in the study accordingly. **Results and conclusion.** Based on the data obtained, the design and kinematic parameters of the pneumomechanical rotary separator are determined in the form of analytically obtained formulas.

Key words: pneumomechanical separator, seed pile, loading hopper, hopper sidewall, exhaust window, volumetric flow rate, expiration rate, exhaust window area.

Citation. Berdyshev V. E., Tseplyaev V. A., Tseplyaev A. N., Gabidulina A. E., Bogdanov S. I. Theoretical determination of the parameters of the mustard seed cleaner hopper. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 390-398 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-47.

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 631.362.33

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУНКЕРА
СЕМЯОЧИСТИТЕЛЯ СЕМЯН ГОРЧИЦЫВ. Е. Бердышев¹, доктор технических наук, профессорВ. А. Цепляев², кандидат технических наук, доцентА. Н. Цепляев³, доктор сельскохозяйственных наук, профессорА. Е. Габидулина², аспирантС. И. Богданов², кандидат технических наук, доцент¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. Тимирязева», г. Москва, Россия²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия³ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 17.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Проблема очистки семенного вороха горчицы является актуальной для Нижнего Поволжья, поскольку в условиях засушливого климата горчица – единственная масличная культура, способная давать устойчивый урожай семян. Площадь посева горчицы в Волгоградской области составляет 60 % от посевных площадей, занятых под этой культурой в России. Подготовка семенного материала сельскохозяйственных культур (в частности горчицы) сводится к качественной послеуборочной обработке семян, доведении его до кондиционной чистоты, то есть к возможности более полного выделения примесей, а также сортирования и калибрования – получения наиболее полноценных, в биологическом отношении, семян основной культуры. **Цель работы** – проведение аналитических расчетов по определению основных параметров загрузочного бункера пневмомеханического роторного сепаратора, предназначенного для очистки вороха семян горчицы. **Объект.** Объектом исследований является загрузочный бункер пневмомеханического роторного сепаратора. **Материалы и методы.** Исследования проводились на кафедре «Технические системы в АПК» Волгоградского ГАУ. При подготовке статьи рассмотрена методика аналитических исследований и последовательность этапов определения основных параметров загрузочного бункера сепаратора. Первоначально рассмотрено устройство загрузочного бункера пневмомеханического роторного сепаратора. Также технологический процесс разделения семенного вороха мелкосемянных культур рассчитан, исходя из основных конструкторских и кинематических параметров роторного сепаратора. Поскольку все параметры должны быть определены с сохранением условия непрерывности технологического процесса и производительности агрегата, то соответственно определение оценочных показателей загрузочного бункера внесены в исследование. **Результаты и выводы.** На основе полученных данных определены конструкторские и кинематические параметры пневмомеханического роторного сепаратора в виде аналитически полученных формул.

Ключевые слова: пневмомеханические сепараторы, семенной ворох, загрузочные бункеры, выпускное окно, площадь выпускного окна.

Цитирование. Бердышев В. Е., Цепляев В. А., Цепляев А. Н., Габидулина А. Е., Богданов С. И. Теоретическое определение параметров бункера семяочистителя семян горчицы. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 390-398. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-47.

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 посевным площадям в России горчица занимает пятое место, после подсолнечника, сои, рапса и льна. Её площади стабильны – 150-200 тысяч гектаров. В частности, на долю Волгоградской области приходится около 60 % от посевных площадей, занятых под этой культурой в России. Значение горчицы в пищевой промышленности и

медицине очень велико. Горчичное масло широко применяется в качестве приправы в продукты потребления, в хлебопекарной, консервной, кондитерской, маргариновой отраслях промышленности. Кроме того, его используют в парфюмерии, мыловарении, текстильном и кожевенном производстве, а также для технических целей [3].

Подготовка семенного материала сельскохозяйственных культур (в частности горчицы) сводится к качественной послеуборочной обработке семян, доведении его до кондиционной чистоты, то есть к возможности более полного выделения примесей, а также сортирования и калибрования – получения наиболее полноценных в биологическом отношении семян основной культуры [5]. Семенной материал всех мелкосемянных культур должен иметь определенную чистоту семян, %, в соответствии с ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия» [9]. Показатель чистоты для репродукционных семян мелкосемянных культур, предназначенных для производства товарной продукции (РСт), колеблется от 92 % до 97 % [13].

Лабораторная установка пневмомеханического роторного сепаратора, которая изготовлена и защищена патентом на изобретение №2681441 от 06.03.2019, позволяет более эффективно выделять из основного вороха семян минеральные, органические включения, а также легковесные примеси [11].

Основу технологического процесса очистки вороха мелкосемянных культур на пневмомеханическом роторном сепараторе составляет работа вращающегося ротора, в котором смонтирован перфорированный воздуховод, охватывающий некоторую зону решетчатого ротора. Воздуховод является некоторой вакуумной камерой, разрежение в которой создается вентилятором. Оптимальная скорость ротора обеспечивает отрыв полноценных семян от наружной части решета ротора и их подачу в бункер, исключая потери основной культуры [10].

Для определения эффективного разделения вороха и исключения потерь семян основной культуры проведено аналитическое исследование технологического процесса. В ходе теоретического рассмотрения определены основные параметры загрузочного бункера пневмомеханического роторного сепаратора. Оптимальный угол наклона боковины бункера, обеспечивает непрерывное скатывание семян к выпускному окну. К основным параметрам выпускного окна относятся – объемный расход семян через окно бункера, предельная скорость истечения семян через отверстие, а также площадь выпускного окна. Все параметры определены исходя из непрерывности технологического процесса очистки семенного вороха и производительности агрегата. На основе полученных данных найдены конструкторские и кинематические параметры пневмомеханического роторного сепаратора.

Целью наших исследований является проведение аналитических расчетов по определению основных параметров загрузочного бункера пневмомеханического роторного сепаратора, предназначенного для очистки вороха семян горчицы.

Материалы и методы. Объектом исследований является загрузочный бункер пневмомеханического роторного сепаратора. Исследования проводились на кафедре «Технические системы в АПК» Волгоградского ГАУ.

При подготовке статьи рассмотрена методика аналитических исследований и последовательность этапов определения основных параметров загрузочного бункера сепаратора. Первоначально рассмотрено устройство загрузочного бункера пневмомеханического роторного сепаратора. Технологический процесс разделения семенного вороха мелкосемянных культур рассчитан, исходя из основных конструкторских и кинематических параметров роторного сепаратора [6]. Поскольку все параметры должны

быть определены исходя из условий непрерывности технологического процесса и производительности агрегата, то соответственно определение оценочных показателей загрузочного бункера внесены в исследование.

Результаты и обсуждение. Для теоретического расчёта технологических и кинематических параметров пневмомеханического роторного сепаратора необходимо определить условия перемещения и истечения потока семян из загрузочного бункера.

Для этого принимаем симметричный загрузочный бункер трапецеидальной формы (рисунок 1).

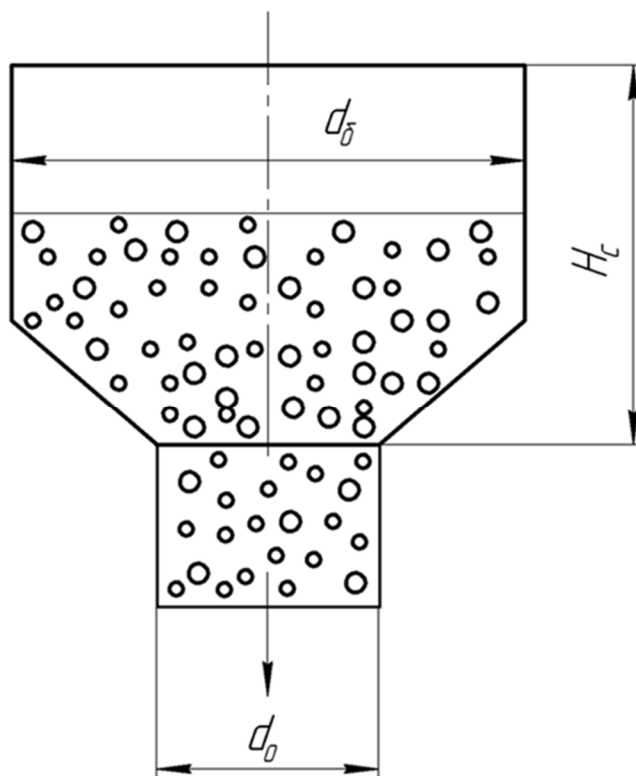


Рисунок 1 – Схема истечения вороха семян через выпускное окно бункера пневмомеханического роторного сепаратора

Figure 1 – Flow diagram of the heap of seeds through the outlet window of the hopper of the pneumomechanical rotary separator

Рассмотрим взаимодействие семян, перемещающихся в сторону выгрузного окна бункера. Силы, действующие на элементарный объем семян, представлены на рисунке 2.

Однако нами рассматривается условие свободного истечения семян через отверстие. Поэтому принимаем, что сила от действия нижнего слоя семян равна «0». Сверху на ворох семян действует слой семян, расположенный выше с усилием P_i .

Рассмотрим взаимодействие семян 1, 2, 3, учитывая при этом условие, что семя 3 находится в равновесном состоянии. Нанесем оси OX и OY , таким образом, что их начало (т. O) располагалось в центре зерна «3». Со стороны боковины бункера (линия KL) на семя действует нормальная реакция N_3 , а при движении семени между дном и семенем возникает сила трения F_3 , соответственно полная реакция этих сил будет равна R_3 , а угол трения обозначим, как φ . Подобным образом в точках контакта семян 1,2,3 будут возникать реакции $N_{1,2}$, $N_{1,3}$ и $N_{2,3}$.

В точке контакта семени 2 с дном будут возникать сила N_2 . Угол давления верхних слоев на нижние обозначим β , а угол внутреннего трения между семенами в точках контакта с учетом угла западения семян обозначим через ψ . Исходя из исследований, примем условие, что сила трения между семенем и боковиной будет меньше, чем сила трения между семенами [12].

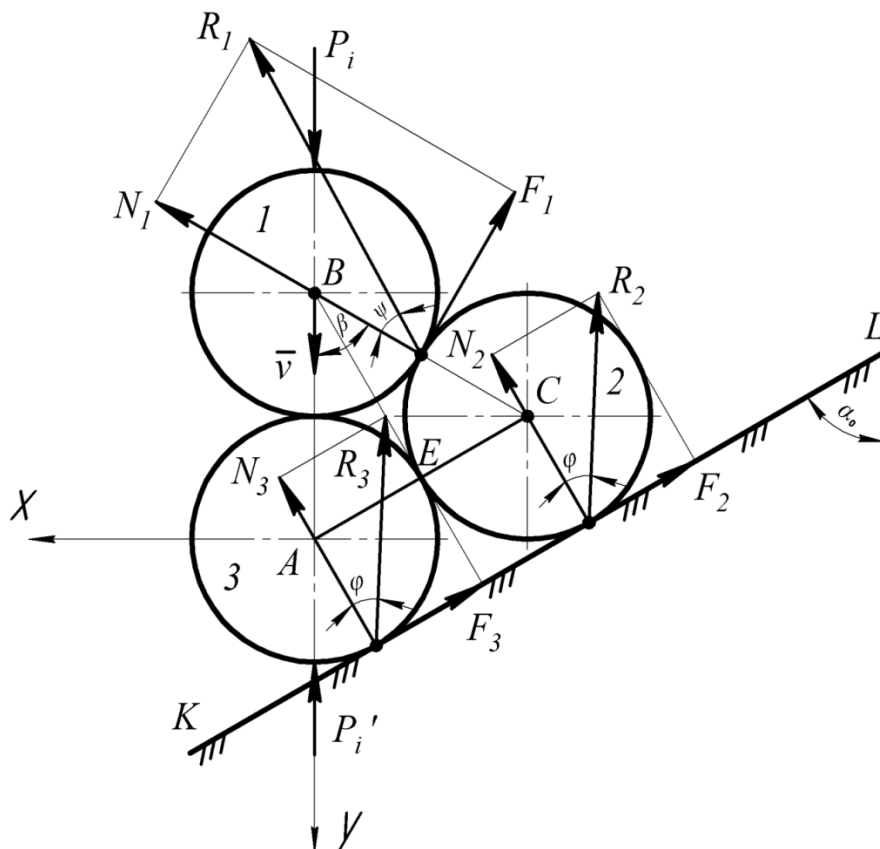


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на семена при их перемещении в загрузочном бункере

Figure 2 – Diagram of forces acting on seeds during their movement in the loading hopper

Тогда, исходя из этого условия, спроектируем все силы на оси OX и OY .

$$\sum X = 0, -(R_3 - R_1)\sin(\beta + \psi) + (R_2 - R_1)\sin(\alpha_0 + \varphi) + (R_3 - R_2)\sin(\alpha_0 + \varphi) = 0, \quad (1)$$

$$\sum Y = 0, (R_3 - R_1)\cos(\beta + \varphi) + (R_2 - R_1)\cos(\alpha_0 + \varphi) + (R_3 - R_2)\cos(\alpha_0 + \varphi) = 0. \quad (2)$$

Систему уравнений решаем относительно определения реакций $(R_3 - R_1) = \Delta R_{31}$, $(R_2 - R_1) = \Delta R_{21}$, $(R_3 - R_2) = \Delta R_{32}$.

Тогда:

$$\Delta R_{31} = -\frac{\Delta R_{21} \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi) + \Delta R_{32} \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi)}{\sin(\beta + \psi)}, \quad (3)$$

Подставим полученное выражение в уравнение (2):

$$\frac{\Delta R_{21} \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi) + \Delta R_{32} \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi)}{\sin(\beta + \psi)} - \Delta R_{21} \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi) + \Delta R_{32} \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi) = 0.$$

Проведем преобразования:

$$\frac{(\Delta R_{21} + \Delta R_{32}) \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi)}{\sin(\beta + \psi)} - (\Delta R_{21} + \Delta R_{32}) \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi) = 0. \quad (4)$$

Судя по рисунку 3 угол β из равнобедренного $\triangle ABC$ равен $\beta = 60^\circ$.
Уравнение (4) разделим на " $(\Delta R_{21} + \Delta R_{32}) \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi)$ ", получим:

$$\frac{(\Delta R_{21} + \Delta R_{32}) \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi)}{\sin(\beta + \psi) \cdot (\Delta R_{21} + \Delta R_{32}) \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi)} = 1. \quad (5)$$

Проведенными экспериментальными исследованиями установлено, что на поверхности семян горчицы образуется маслянистая оболочка, которая способствует скольжению семян по поверхности бункера с минимальным коэффициентом трения. Следовательно, в выражении (5) угол трения φ весьма мал. Для последующих расчетов примем его величину $\varphi = 0$:

$$\frac{\operatorname{tg}(\alpha_0 + \varphi)}{\sin(\beta + \psi)} = 1. \quad (6)$$

Тогда α_0 определится:

$$\alpha_0 = \operatorname{arctg} \sin(\beta + \psi). \quad (7)$$

Суммарное значение углов $(\beta + \psi) = \gamma$, где γ – угол естественного откоса.

Неотъемлемой частью нахождения конструкторских параметров бункера являются размеры выпускного окна.

Семена горчицы по своим физико-механическим свойствам весьма близки к семенам просо, сорго и других культур. Ранее указано, что на поверхности семян горчицы образуется маслянистая пленка [3]. Отсюда следует, что с небольшой погрешностью процесс их движения из бункеров через выпускные окна, расположенные в нижней части во многом совпадает с истечением жидкости через отверстия для подобных случаев. Однако для учета особенностей потока семян в расчеты вводятся различные коэффициенты, полученные экспериментальными исследованиями (коэффициенты трения, внутреннего и внешнего сопротивлений и т.д.) [4].

Семена движутся через отверстие в воздушное пространство под давлением P_i . При этом на выходящий поток семян действует столб семян, расположенный над ним с напором H_c . Поток семян, переходя с диаметра d_6 на диаметр d_o , сжимается (рисунок 1). Это явление оценивается коэффициентом сжатия ε [2]:

$$\varepsilon = \frac{S_6}{S_o} = \left(\frac{d_6}{d_o} \right)^2, \quad (8)$$

где S_6 и S_o – площади поперечного сечения бункера и отверстия.

Скорость, с которой поток семян будет двигаться через отверстие, равна:

$$V_c = \varphi_v \cdot \sqrt{2gH_c}, \quad (9)$$

где φ_v – коэффициент скорости; H_c – напор семян, м,

$$\text{где} \quad H_c = H_0 + \frac{P_0 - P_1}{\rho \cdot g}, \quad (10)$$

$$\varphi_v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi}},$$

где α – коэффициент Кориолиса [5]; ξ – коэффициент сопротивления отверстия, $\xi = f_0$.

Тогда

$$Q_v = S_o \cdot V = \varepsilon \cdot S_o \cdot \varphi_v \cdot \sqrt{2gH_c}.$$

где Q_v – объемный расход семян в секунду $\text{м}^3/\text{с}$.

Произведение $\varepsilon \cdot \varphi_v$ обозначим μ_v . В конечном виде расход будет равен:

$$Q_v = \mu_v \cdot S_o \cdot \sqrt{2gH} . \quad (11)$$

$$S_o = \frac{Q_v}{\sqrt{2gH}} . \quad (12)$$

Следует учесть, что подкоренное выражение $\sqrt{2gH}$ – это скорость истечения жидкости, а для исключения ошибки в конечных результатах расчетов следует перейти к скорости истечения семян, приняв что $\mu_v \cong 1,0$.

Максимальное значение скорости истечения семян будет равно:

$$V_{max} = \sqrt{\frac{g \cdot r_{np}^2}{2b}} , \quad (13)$$

где V_{max} – предельная скорость истечения семян через отверстие, м/с; b – разность между радиусами бункера и выпускного отверстия, м.

r_{np} – приведенный радиус отверстия, равный $r_{np} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot l}{\pi}}$, для прямоугольного отверстия, a и l ширина и длина соответственно [7].

Поскольку бункер симметричный, то $d_6 - d_o = 2b$. Определим массовый расход семян через окно бункера:

$$Q_m = \left(\frac{d_6}{d_o}\right)^2 \cdot \frac{\rho \cdot a \cdot l}{\sqrt{\alpha + f_0}} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot a \cdot l}{2\pi \cdot b}} , \quad (14)$$

$$Q_m = \left(\frac{d_6}{d_o}\right)^2 \cdot \frac{\rho \cdot S_o}{\sqrt{\alpha + f_0}} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot S_o}{2\pi \cdot b}} , \quad (15)$$

где Q_m – массовый расход семян, кг/с; ρ – плотность семян, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; S_o – площадь выпускного окна, м^2 .

Учитывая, что производительность бункера не должна превышать производительности сепаратора, площадь выпускного окна S_o равняется:

$$S_o = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot Q_v^2 \cdot d_6^4 \cdot \pi \cdot b}{d_6^4 \cdot \rho^2 \cdot g}} . \quad (16)$$

Движение семян горчицы, как ранее отмечалось, уподоблен потоку жидкости через отверстие. Примем сечение отверстия прямоугольным, вводя поправочный коэффициент для перехода от выпускного окна, круглого сечения к прямоугольному. Коэффициент учитывает сопротивление семян за счет неравномерности распределения по сторонам окна и для прямоугольных отверстий составляет величину равную, в соответствии с рекомендациями Листопада Г. Е. [Сельскохозяйственные и мелиоративные машины, 1986 г.]:

$$\lambda_1 \frac{r_{np}}{8\sqrt{bc}} , \quad (17)$$

где λ_1 изменяется от 0,68 – для трудносыпучих семян, до 0,93 – для семян близких к сферической форме с гладкой поверхностью; $\sqrt{bc}$ – средний поперечный размер семян. Для семян горчицы $\sqrt{bc} = r_r$, т.е. считаем, что семя круглого сечения с радиусом « r_r ».

Вводим поправочный коэффициент в полученную формулу (9), тогда площадь выпускного окна прямоугольного сечения равна:

$$S_{\square} = \frac{S_o}{0,93} = \frac{\sqrt[3]{\frac{2 \cdot Q_v^2 \cdot d_6^4 \cdot \pi \cdot b}{d_6^4 \cdot \rho^2 \cdot g}}}{0,93} . \quad (18)$$

Размеры типовых решет известны, и если принять ширину решета « B_p » - она равна длине окна бункера « l », а его ширина (окна) « a ».

Отсюда:

$$a = \frac{s_0}{0,93 \cdot l} = \frac{\sqrt[3]{\frac{2 \cdot Q_M^2 \cdot d_0^4 \cdot \pi \cdot b}{d_0^4 \cdot \rho^2 \cdot g}}}{0,93 l} \quad (19)$$

Если в формулу (19) подставить фактические значения ранее указанных величин, касающихся культуры горчицы, то в результате, будут определены размеры выпускного окна.

Выводы. Разработанный пневмомеханический роторный сепаратор для очистки вороха мелкосемянных культур (в частности горчицы), защищенный патентом на изобретение, одновременно отделяет легковесные примеси, семена основной культуры и тяжелые примеси в виде минеральных и органических включений [9]. Загрузочным устройством служит бункер.

Для непрерывного технологического процесса разделения вороха проведено теоретическое обоснование условия перемещения семян горчицы в бункере пневмомеханического роторного сепаратора. Приведены зависимости для определения оптимального угла наклона боковины бункера, который обеспечивает непрерывное скатывание семян к выпускному окну. К основным параметрам выпускного окна относятся – объемный и массовый расходы семян через окно бункера, предельная скорость истечения семян через отверстие, а также площадь выпускного окна и его размеры. На основе полученных данных определены конструкторские и кинематические параметры бункера пневмомеханического роторного сепаратора в виде аналитически полученных формул (7, 11, 13, 19).

Библиографический список

1. Гиевский А. М., Чернышов А. В., Баскаков И. В. Качественные показатели работы двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины с одним воздушным потоком // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 9. С. 15-17.
2. Исследование эффективности очистки вороха яровой пшеницы на семенные цели воздушно-решетным сепаратором / В. И. Оробинский, А. М. Гиевский, А. П. Тарасенко, А. В. Чернышов, И. В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 2 (61). С. 34-42.
3. Михальков Д. Е., Кочергина А. С. Влияние предпосевной обработки семян и норм высева на урожайность горчицы сизой при возделывании на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 18-24.
4. Моделирование процессов послеуборочной обработки зерна и семян и технологии их подготовки / В. Д. Галкин, А. Д. Галкин, В. А. Хандриков, С. Е. Басалгин // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 19-29.
5. Обоснование принципиальной схемы воздушно-решетного сепаратора семян / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский, А. М. Гиевский, Д. С. Тарабрин, М. С. Анненков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (55). С. 95-102.
6. Подготовка высококачественных семян с использованием пневмосепараторов / А. И. Бурков, Г. А. Баталова, А. Л. Глушков, В. А. Лазыкин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 2 (57). С. 72-76.
7. Совершенствование процесса послеуборочной обработки гречихи / К. В. Мяснянкин, Р. А. Путенко, А. П. Тарасенко, А. А. Агеев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 2. С. 118-124.
8. Тарабрин Д. С. Совершенствование процесса послерешетной пневмосепарации зернового вороха в зерноочистительных машинах // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (51). С. 102-109.

9. Тарасенко А. П., Оробинский В. И. Совершенствование механизации производства семян // Сельский механизатор. 2019. № 8 (56). С. 14-15.

10. Цепляев А. Н., Габидулина А. Е., Харлашин А. В. Аналитическое определение абсолютной скорости семени мелкозерновых культур при разделении вороха на роторном сепараторе // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 338-346.

11. Цепляев А. Н., Габидулина А. Е. Пневмомеханический сепаратор для очистки вороха мелкозерновых культур // Сельский механизатор. 2019. № 7 (55). С. 14-16.

12. Astanakulov K., Karimov M. Working out and implementation of the safflower cleaning machine // European science review. 2016. № 3-4. P. 278-280.

13. Voropaeva N., Figovsky O., Beilin D. Nanotechnology in agriculture (review) // Scientific Israel - Technological Advantages. 2016. № 3. P. 3-50.

Информация об авторах

Бердышев Виктор Егорович, руководитель учебно-методического центра обеспечения подготовки кадров АПК, (127550 Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская д. 58, к. 325), доктор технических наук, профессор. v.berdishev@rgau-msha.ru

Цепляев Виталий Алексеевич, ректор, доцент, кандидат технических наук ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, доцент, тел. +7 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com.

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела мелиоративных технологий ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Габидулина Айжан Есмагаловна, аспирант ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-17-84, e-mail: ayzhanochka@mail.ru.

Богданов Сергей Иванович, заведующий кафедрой «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий в АПК», доцент, кандидат технических наук ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. +7 (8442) 41-11-27, e-mail: s.bogdanov@volgau.com.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-48

APPLICATION OF ZEOLITE LOADING IN FILTRATION EQUIPMENT FOR TREATMENT OF WASTE AND POLLUTED NATURAL WATER FOR IRRIGATION AND WATERING OF TERRITORIES

V. S. Bocharnikov, M. A. Denisova, O. V. Kozinskaya, O. V. Bocharnikova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 10.09.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

Wastewater treatment with the use of natural sorbent as a filter media is considered. The selection of the optimal fractional composition was carried out, at which the effective adsorption properties with respect to chemical impurities were determined.

Abstract

Relevance. At the moment, water is a restrictive but renewable natural resource. The problems of water supply are complicated by the growth of cities, the development of industry, an increase in agriculture and other factors, because wastewater is an inseparable part of society. The most destructive in wastewater is ammonium nitrogen, heavy metals, surface active substances, an excess of the saturation area of which is tantamount to the presence of a poison that is destructive to all living things. For the purpose of the efficiency of wastewater treatment, it is proposed to use sorption filters in which inexpensive natural ameliorants are used as a sorbent. The use of such sorbents will reduce the economic burden and energy costs for the wastewater treatment process on an industrial scale. **An object.** The object of research is industrial wastewater. **Materials and methods.** Laboratory and experimental

studies were carried out using the example of natural zeolite to select the optimal fraction and its absorption properties relative to chemical impurities in the original waste water. **Results and conclusions.** According to the results of studies on the selection of the optimal fractional composition and properties of absorption of chemical impurities by zeolite, he showed that when using fractions of zeolite flasks of 0.5 mm, the concentration of impurities decreased by only 10-15%, at 1.5 mm the sorption process stopped, absorption did not occur, and at 1.0 mm, the removal of chemical impurities by more than 100% was observed.

Key words: waste water, filter media, liquid filters, zeolite flask, sorption filter, adsorption

Citation. Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Kozinskaya O. V., Bocharnikova O. V. Application of zeolite loading in filtration equipment for treatment of waste and polluted natural water for irrigation and watering of territories. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 398-407 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-48.

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

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

УДК 628.16

ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕОЛИТОВОЙ ЗАГРУЗКИ В ФИЛЬТРОВАЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И ОБВОДНЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

В. С. Бочарников, доктор технических наук, доцент

М. А. Денисова, кандидат технических наук

О. В. Козинская, кандидат сельскохозяйственных наук

О. В. Бочарникова, доктор технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Аннотация. Рассмотрена очистка сточных вод с использованием природного сорбента в качестве фильтрующей загрузки. Проведен подбор оптимального фракционного состава, при котором определены эффективные адсорбционные свойства в отношении химических примесей.

Актуальность. На данный момент воды являются ограниченным, но возобновляемым природным ресурсом. Усложняют проблемы обеспечения водой рост городов, развитие промышленности, увеличение сельского хозяйства и другие факторы, ведь сточные воды это неотделимая часть жизни общества. Самым губительным в сточных водах являются аммонийный азот, тяжелые металлы, поверхностно активные вещества, избыток области насыщенности которых равносильно присутствию яда, разрушительного для всего живого. С целью эффективности очистки сточных вод предлагается использовать сорбционные фильтры, у которых в качестве сорбента применяются недорогостоящие природные мелиоранты. Использование таких сорбентов позволит уменьшить экономическую нагрузку и энергетические затраты на процесс очистки сточных вод в производственных масштабах. **Объект.** Объектом исследования являются производственные сточные воды. **Материалы и методы.** Проводились лабораторно-экспериментальные исследования на примере природного цеолита по подбору оптимальной фракции и его поглотительных свойства относительно химическим примесям в исходной сточной воде. **Результаты и выводы.** По результатам исследований по подбору оптимального фракционного состава и свойств поглощения цеолитом химических примесей показал, что при использовании фракций цеолитовых опок 0,5 мм концентрация примесей снизилась всего на 10-15 %, при 1,5 мм процесс сорбции остановился, поглощение не происходило, а при 1,0 мм наблюдалось удаление химических примесей более чем на 100 %.

Ключевые слова: сточные воды, фильтрующая загрузка, цеолитовая опока, сорбционные фильтры.

Цитирование. Бочарников В. С., Денисова М. А., Козинская О. В., Бочарникова О. В. Применение цеолитовой загрузки в фильтровальном оборудовании при очистке сточных и загрязненных природных вод для орошения и обводнения территорий. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 398-407. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-48.

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. Вопрос взаимоотношений человечества с окружающей средой присутствует ежегодно. Быстрое освоение в прошлом заповедных районов из-за развития промышленности в ряде случаев наносят природе непоправимый ущерб, а сброс сточных вод и вовсе ведет к загрязнению естественных водоемов [1, 2]. Конечно же, поверхностные воды суши подвергаются наибольшему антропогенному воздействию [5].

Крайне отрицательно воздействует на ресурсы воды промышленное производство. В настоящее время извлечение и нейтрализация примесей в сточных водах является неотъемлемым этапом в экологии [12]. Различные разработанные технологические процессы очистки сточных вод были изучены российскими и зарубежными учеными, которые направлены на удаление вредных веществ базирующихся на биохимические и физико-химические процессы. При увеличении вредности сточных вод различного типа вынос органических веществ приводит к ухудшению природного равновесия водного объекта [3, 13].

Для применения поверхностных, подземных и сточных вод необходимо учитывать их различия по химическому и физическому составу. Физико-химические свойства сточных вод существенно отличаются от вод естественных. В сточных водах преобладает различная органика, тяжелые металлы, поверхностно активные вещества, которые находятся в растворимом виде [7, 9]. Химический состав основных видов сточных вод свидетельствуют о широком варьировании агрохимических показателей их качества [4, 6].

В определенных стоках промышленных предприятий имеются повышенные концентрации веществ, находящихся в состоянии коллоидного раствора, в виде тонко взвешенной, или эмульгированной фазы [8]. Главной проблемой всех действующих очистных сооружений является медленная подача потока сточной воды на очистку, причиной которого служит низкое качество распределение притока и сброса [10, 11].

Таким образом, с целью использования сточных вод для сброса на городские очистные сооружения, водоемы и повторного использования нами разработана технология механической очистки с применением природных мелиорантов.

Материалы и методы. Целью исследования является возможность применения недорогостоящих природных мелиорантов в качестве фильтрующей загрузки. Провести лабораторно-экспериментальные исследования на примере природного цеолита и определить его поглотительные свойства относительно химическим примесям в исходной сточной воде. Замена производственных дисковых фильтров на сорбционные с загрузкой из цеолита позволит улучшить качество фильтрации и эффективность очистки сточных вод.

Сорбционный фильтрующий наполнитель в виде цеолита обширно используется в бытовых фильтрах для получения питьевой воды. Является самым эффективным аналогом кварцевым пескам. Свойство гранул цеолитов заключается в структуре их пористости. Как катионообменный минерал, засыпка цеолит обладает высокими сорбционными свойствами.

Цеолит для фильтра водоочистки как загрузка обладает исключительной термостойкостью и кислотостойкостью. Гранулы цеолита, подобно губке, вбирают в себя целый ряд различных загрязнений. Помимо этого, цеолит для очистки воды делает ниже концентрацию хлорид-ионов, фторид-ионов, смягчает воду и удаляет соли жесткости. Цеолиты используются не только в целях водоочистки, их область применения довольно широка. Цеолит обладает способностью отдавать и впитывать не только воду, но и вещества, а также обменивать катионы. Строение минерала обладает определенным размером пор 2-15 ангстрем, и это не позволяет вступать в ионный обмен с полезными веществами - витаминами, аминокислотами, белками, полиненасыщенными жирными кислотами (рисунок 1).

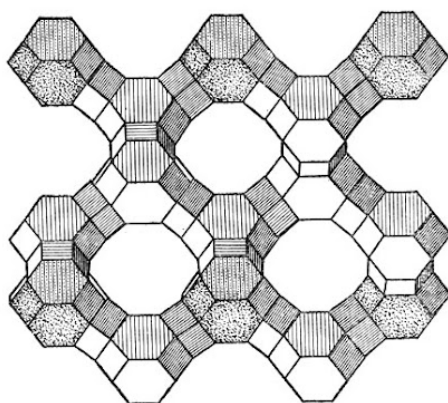


Рисунок 1 – Структура цеолитовой опки / Figure 1 – The structure of the zeolite flask

Взаимодействие обмена происходит только с небольшими ионами микро- и макроэлементов, а так же соединений (сероводород, метан, тяжелые металлы, радионуклиды). В этом он и отличается от других сорбентов. Отсюда и название - «камень жизни».

Перед проведением исследований был проведен химический анализ исходной воды, который приведен на диаграмме (рисунок 2).

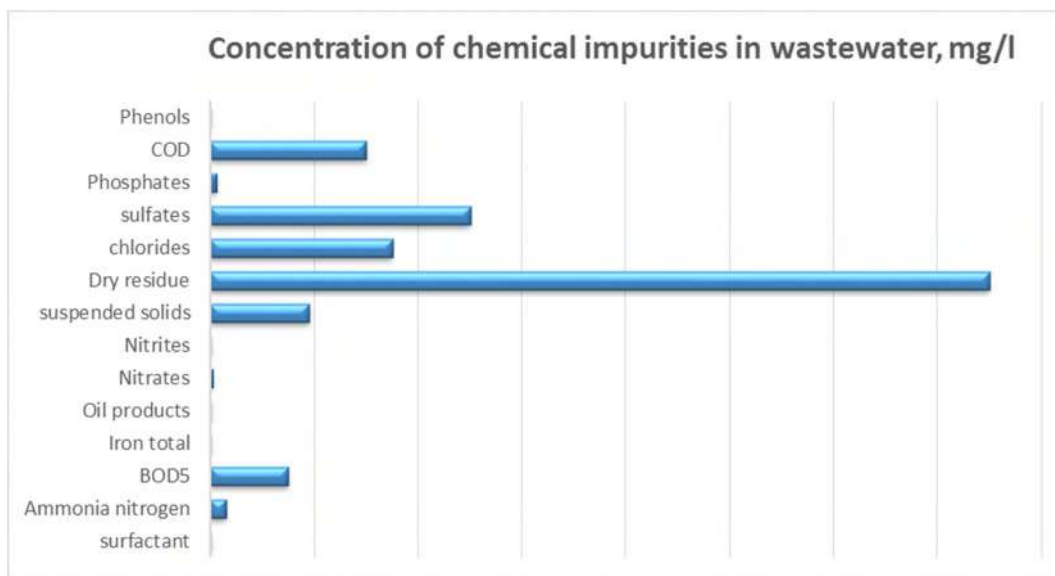


Рисунок 2 – Диаграмма примесей в сточных водах

Figure 2 – Diagram of impurities in wastewater

При проведении исследования по химическому ставу исходных сточных вод показали, что все примеси превышают ПДК, поэтому рассмотрим технологическую схему производственной механической очистки с использованием дисковых фильтров, по результатам которой получим данные очистки сточных вод (рисунок 3).

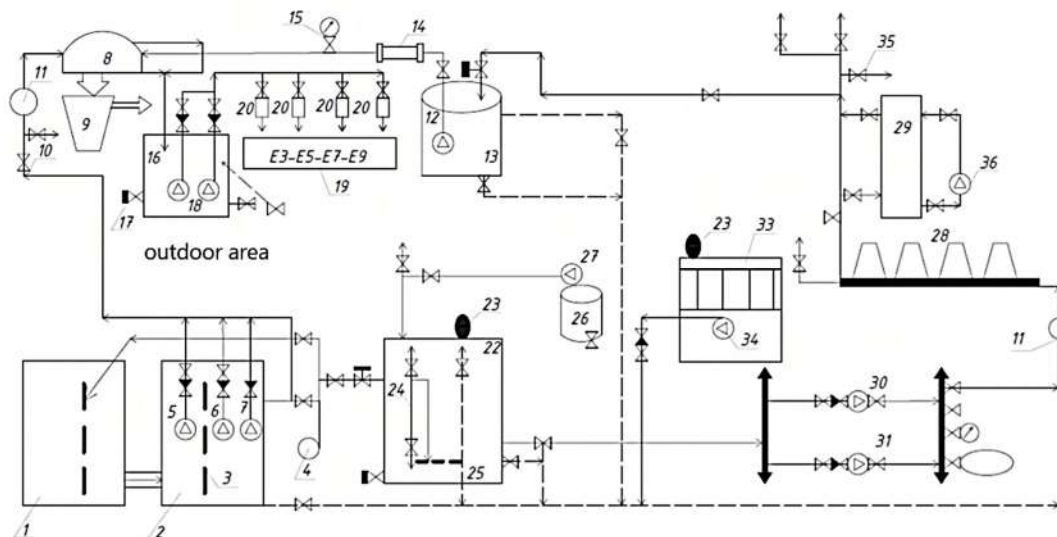


Рисунок 3 – Технологическая схема механической очистки сточных вод

Figure 3 – Technological scheme of mechanical wastewater treatment

Исследуемые стоки сначала поступают в приемный, подземный резервуар и самотеком перетекают через верхний перелив в приемный резервуар. Таким образом, оседает основная масса крупного мусора, по мере накопления которого его утилизируют. Также по мере накопления утилизируют осадок.

В резервуарах смонтированы системы мелкопузырчатой аэрации, датчики уровня. Воздухообмен происходит от воздуходувки, которые периодически выключаются на заданный период, также при снижении уровня в резервуарах менее 0,4 м воздуходувка выключается.

В приемном резервуаре смонтированы несколько каловых насосных машин с распределяющим механизмом. Агрегаты перекачивают сточную воду на сито. Насосы переключаются в резерв при выработке определенного количества часов. В работе всегда 2 насоса.

Технологическое оборудование узла механической очистки расположено в отделенном, герметичном отсеке. В другой части смонтировано технологическое оборудование узла доочистки сточных вод.

По нагнетательному трубопроводу насосные агрегаты распределяют исходные стоки в приемную камеру барабанного сита. Барабанные сита имеют отверстия диаметром 0,75 миллиметров. При помощи лопатки мусор диаметром больше 0,75 миллиметров срезается в полимерный сборник. Сито имеет трубопровод переходный, на котором находится датчик уровня. Для сбора мусора используют полимерный мешок максимальным объемом 240 литров, который вставляется в сборник и по мере его заполнения выбрасывают и вставляют новый.

Барабанные сита принимают сточные воды расходом 32 м³/час. При помощи сверхзвукового расходомера производят контроль за показаниями на дисплее при расходе сточных вод, которые регулируются затвором.

Таблица 1 – Спецификация технологической схемы

Table 1 – Flow chart specification

Позиция / Position	Наименование, характеристика / Name, characteristic	Позиция / Position	Наименование, ха- рактеристика / Name, characteristic	Позиция / Position	Наименование, ха- рактеристика / Name, characteristic
1	Подземный при- емник / Underground receiver	14	Ротаметр трубный / Rotameter pipe	25	Система мелкопу- зырчатой аэрации / Fine bubble aeration system
2	Приемный резер- вуар / Receiving tank	15	Манометр радиаль- ный / Radial pressure gauge	26	Полиэтиленовый бак гипохлорита / Polyethylene Hypochlorite Tank
3	Мелкопузырчатая аэрация / Fine bubble aeration	16	Задвижка / Gate valve	27	Насос-дозатор / Dosing pump
4	Воздуходувка / Blower	17	Датчик давления / Pressure meter	28	Блок дисковых фильтров / Disc filter block
5,6,7	Погружные фе- кальные насосы / Submersible sewage pumps	18	Дренажный насос / Drainage pump	29	Ультрафиолетовый стерилизатор / UV Sterilizer
8	Барабанное сито / Drum sieve	19	Усреднители / Averaging	30,31	Насос горизонталь- ный / Horizontal pump
9	Полимерный сборник / Polymer collection	20	Смотровая стеклян- ная вставка / Viewing glass insert	32	Клапан обратный / Check Valve
10	Затвор, поворот- ный / Shutter, rotary	21	Задвижка клиновая / Gate valve	33	Мешочный фильтр / Bag filter
11	Накладной ультра- звуковой расходо- мер / Clamp-on ultrasonic flow meter	22	Контактный резер- вуар / Contact reservoir	34	Погружной дренаж- ный насос с верти- кальным поплавком / Submersible drainage pump with vertical float
12	Погружной насос с поплавковым выключателем / Submersible pump with float switch	23	Воздухоотводчик лабиринтный / Labyrinth air vent	35	Кран пробоотбор- ник / Crane sampler
13	Полиэтиленовый сборник / Polyethylene collection	24	Уровнемер трубка / Gauge tube	36	Насос центробеж- ный / Centrifugal pump

Если не происходит поступление стоков на барабанное сито, то происходит автоматическое выключение через пару минут и включается насосный агрегат для промывки также на пару минут.

В полимерном сборнике вместимость 200 литров устанавливается водопогружной насос. Когда уровень воды в сборнике становится минимальным, то срабатывает сигнализация и насос автоматически отключается при помощи поплавкового выключателя. Кран на трубопроводе заполнения чистой водой закрывается, если уровень воды превышает 950 миллиметров.

На промывку барабанного сита подают воду с максимальным расходом 1,7 м³/час при этом давление составляет 4 Бар. Контроль расхода стоков производят по ротаметру, при этом регулирование выполняют задвижками. На трубопроводе установлен манометр, при помощи которого проводят контроль за давлением промывочной воды.

Осветленная сточная вода из сита стекает в сборник объемом 2100 л с датчиком уровня воды. В этом сборнике смонтированы дренажные насосы, которые перекачивают сточные воды в усреднители. Равномерный расход сточных вод по усреднителям контролируется через смотровые вставки и регулируется кранами.

Через определенные промежутки времени происходит переключение насосов, при нижнем уровне насосы включаются/выключаются от сигнала поплавковых выключателей насосов.

В нашей схеме 4 подземных усреднителя. Каждый усреднитель состоит из двух стальных резервуаров объемом по 73 м³ каждый, соединенных между собой нижним стальным перетоком.

Осветлённая сточная вода из сита стекает в сборник объёмом 2100 л с датчиком уровня. В этом сборнике смонтированы дренажные насосы, которые перекачивают сточные воды в усреднители. Равномерный расход сточных вод по усреднителям контролируется через смотровые вставки и регулируется кранами.

Сточные воды насосами перекачиваются в сборник объёмом 16 м³, который имеет люк с лестницей, воздухоотводчик и уровнемер трубку. В сборнике смонтировано 4 мембранных дисковых мелкопузырчатых аэратора.

Насосы, подают воду на сорбционные фильтры и далее в УФС (ультрафиолетовый стерилизатор). Насосы имеют плавный пуск, выключаются при росте давления на напоре более 3,7 Бар, а включаются при снижении давления-менее 2 Бар.

Таблица 2 – Результаты производственной очистки сточных вод
с использованием дисковых фильтров

Table 2 – Results of industrial wastewater treatment using disc filters

Наименование примесей	Исходная концентрация, мг/л	Очищенная вода, мг/л
СПАВ	2	1,2
Азот аммонийный	30	25
БПК ₅	150	125
Железо общее	2,5	1,5
Нефтепродукты	1,0	0,75
Нитраты	5,0	45
Нитриты	0,5	0,5
Взвешенные вещества	190	180
Сухой остаток	1500	1500
Хлориды	350	350
Сульфаты	500	500
Фосфаты	12	12
ХПК	300	165
Фенолы	0,06	0,05

Продолжительность промывки фильтра составляет 22 секунды. Регулятор промывной воды для фильтра подает сигнал на главный контроллер для работы насоса, если насос стоит. Контроль за расходом осуществляется по показаниям на дисплее расходомера. Промывная вода сбрасывается в мешочный фильтр, далее насос перекачивает осветлённую воду из фильтра в приёмную подземную емкость.

Под конец процесса очистки сточных вод выполняется обеззараживание в ультрафиолетовом автоклаве. Из пробоотборника выполняется отбор очищенной воды для химического анализа на остаточную концентрацию вредных веществ (таблица 2).

Видно, что производственный процесс очистки сточных вод с использованием дисковых фильтров, показал, не достаточно качественную очистку стоков при этом есть необходимость проведения дополнительной доочистки, что приведет к лишним материальным и энергетическим затратам.

Результаты и обсуждение. Эффективность работы фильтрующей загрузки во многом зависит от правильно подобранного размера гранул мелиоранта, устойчивости в агрессивной среде и сорбционных свойств. Исследования сорбционного поглощения и подбор фракционного состава цеолитовых опок представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оптимального подбора фракции цеолита для сорбирования химических примесей

Table 3 – The results of the optimal selection of the zeolite fraction for the sorption of chemical impurities

№ п/п	Наименование вещества	Фракция, мм			С _{исх} , мг/л	Очищенная вода с производства, мг/л
		0,5 мм	1,0 мм	1,5 мм		
1	СПАВ	1,0	0,5	Сорбции нет	2	1,2
2	Азот аммонийный	28	15		30	25
3	БПК ₅	63	15		150	125
4	Железо общее	1,5	1		2,5	1,5
5	Нефтепродукты	0,68	0,3		1,0	0,75
6	Нитраты	44	38		45	45
7	Нитриты	0,47	0,35		0,5	0,5
8	Взвешенные вещества	82	20		190	180
9	Сухой остаток	1500	1400		1500	1500
10	Хлориды	350	330		350	350
11	Сульфаты	495	430		500	500
12	Фосфаты	12	10		12	12
13	ХПК	235	40		300	165
14	Фенолы	0,057	0,045		0,06	0,05

По результатам исследований по подбору оптимального фракционного состава и свойств поглощения цеолитом химических примесей показал, что при использовании фракции цеолитовой опок один миллиметр удаление химических примесей составило более 100 %.

Удобрения являются одним из ведущих факторов увеличения продуктивности сельхозпродукции, снижения ее себестоимости. Использование сточных вод и их осадка при дождевании в качестве удобрения обеспечит потребность растений в питательных веществах, активизирует течение биохимических и физиологических процессов, как следствие приведет к увеличению урожая. Создаваемая сегодня новая дождевальная техника позволяет использовать стационарные установки для внесения минеральных удобрений с поливной водой. В связи с этим нами предлагается использование очищенных таким образом сточных вод на орошаемых севооборотных массивах при помощи дождевальных машин.

Выводы. В целом, можно сказать, что, исходя из данных производственной механической очистки сточных вод, виден результат не особо качественного очищения исходной воды при использовании дисковых фильтров, за счет чего требуется дополнительная доочистка. По результатам экспериментальных данных проведенных с подбором оптимального фракционного состава цеолитовых опок и их адсорбционных свойств были получены данные, что качественная очистка, происходит при использовании цеолита фракцией 1,0 мм при этом все присутствующие химические примеси были удалены более 100%. Реализация перечисленных мероприятий позволит полностью утилизировать осадок очистных сооружений предприятий в качестве удобрения, что говорит о больших возможностях использовать данный способ очистки в сельском хозяйстве. Совместное использование дождевальных машин для орошения чистой водой и внесение как минерального удобрения осадка сточных вод позволит более плотно загрузить дождевальные установки, сократить затраты на минеральные удобрения, что приведет к снижению себестоимости сельскохозяйственной продукции.

Библиографический список

1. Денисова М. А., Бочарников В. С. Каскадный способ фильтрования сточных вод с использованием ферритовых реагентов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 4. С. 20-23.
2. Изучение режимов осаждения загрузки с помощью гидравлической установки / В. С. Бочарников, О. В. Козинская, М. А. Денисова, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 260-267.
3. Apollo S., Kabuba J. Zeolite for Treatment of Distillery Wastewater in Fluidized Bed Systems // Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. 2022. P. 117-130.
4. Bocharnikova O. V., Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Technology of preparation of natural waters for irrigation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects". 2020. P. 012033.
5. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / O. Rybalova, S. Artemiev, M. Sarapina, B. Tsymbal, A. Bakhareva, O. Shestopalov, O. Filenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. No 2 (10-92). P. 4-17.
6. Effect of the structure of artificial rain on the soil / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021. 2022. P. 012008.
7. Integrated approach to neutralization of wastewater containing copper ions and EDTA ligand and News of higher education institutions / V. A. Kolesnikov, A. V. Nistratov, O. Y. Kolesnikova, G. I. Kandelaki // Chemistry and chemical engineering series. 2019. № 2 (62). P. 108–114.
8. Kazeminejadfard F., Hojjati M. R. Preparation of superabsorbent composite based on acrylic acid-hydroxypropylstarch phosphate and clinoptilolite for agricultural applications // J. of Applied Polymer Science. 2019. No 136 (16). P. 4736.
9. Matsak A., Tsytlisvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance // Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20). P. 19-22.
10. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method / G. Kochetov, T. Prikhna, O. Kovalchuk, D. Samchenko // Eastern-European J. of Enterprise Technologies. 2018. № 3. P. 52–60..
11. Shale gas wastewater geochemistry and impact on the quality of surface water in Sichuan Basin / Y. Ni, L. Yao, J. Sui, G. Zhu, A. Vengosh // Science of the Total Environment. 2022. V. 851. 158371.
12. Sirirat Jangkorna, SujittraYoungme, Pornsawai Praipipat Comparative lead adsorptions in synthetic wastewater by synthesized zeolite A of recycled industrial wastes from sugar factory and power plant // Heliyon. 2022. V. 8. I. 4. e09323.
13. Yurchenko I. F. Development of innovative management systems for agricultural production on reclaimed lands Business // Education. right. 2020. № 1 (50). P. 42–49.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442)41-17-84 mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Денисова Мария Алексеевна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) кандидат технических наук, тел. 8 (8442)41-81-53 mail: masha2008-1988@mail.ru.

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) кандидат технических наук, тел. 8 (8442)41-81-53 mail: kozinska1977@mail.ru.

Бочарникова Олеся Владимировна, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442)41-17-84 mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-49

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF REDUCING THE RISKS OF THE OPERATION OF HYDROTECHNICAL FACILITIES AND THE USE OF FLEXIBLE DAMS FOR ENGINEERING PROTECTION OF THE TERRITORY AGAINST FLOODING

V. A. Volosukhin, M. A. Bandurin, I. A. Prikhodko

Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin

Received 29.09.2022

Submitted 02.12.2022

*The research was carried out with the financial support of the Russian Foundation
and the Kuban Science Foundation for Basic Research within the framework
of the scientific project No. 22-17-20001.*

Summary

The article presents the results of assessing the methods of accident risk of structures by methods of expert and quantitative assessment. The results showed the effectiveness of using the results of calculations and data from field and laboratory studies performed by the method of quantitative risk indicators. 4 standard sizes of flexible dams have been developed and implemented, which can be recommended for engineering protection of territories and flooding.

Abstract

Introduction. The collapse of the Fedorovsky hydroelectric complex in the Krasnodar Territory in April showed the existing problem of wear and tear of hydraulic structures of the water management complex of the Krasnodar Territory. Such a state of hydraulic structures operated for more than 70 years endangers not only people's lives, but also the food security of Russia. **An object.** The object of research is the water management complex of the Lower Kuban. **Materials and methods.** The article analyzes 2 methods for assessing the accident risk of structures: methods of expert and quantitative assessment. The effectiveness of using the results of calculations and data from field and laboratory studies, performed by the method of quantitative risk indicators, is proved. The issues of protecting the territory and unloading the channel of the Lower Kuban by using composite materials on a nylon (nylon) basis are considered. The analysis of domestic and foreign manufacturers of materials on a kapron (nylon) basis is carried out. The article presents the distinctive properties of polymers that affect the conduct and results of mechanical tests. The features and properties of domestic single-layer polymer fabrics and foreign heavy ones are given. The analysis of the nomenclature of rubberized fabrics suitable for use in the water industry was carried out, the characteristics of rubber for the outer coating ac-

according to the produced assortments and the average values of the strength indicators of the manufactured fabrics in accordance with the regulations were given. **Results and discussion.** As a result of the research, it was found that for the manufacture of flexible dams, it is proposed to use fabric material with a base of nylon TK-80, TK-100, TK-120, TK-400. It has been established that the nominal tensile strength of one layer of textile warp made of TK-80 capron for the warp is 127.2 kN/m, for the weft - 81.6 kN/m. The relative elongation along the base under a load equal to 10 % of the nominal strength is 2 %. Resistance to repeated bending - more than 300 thousand times. An algorithm for assigning flexible dam parameters has been developed. Recommendations are given to ensure the engineering protection of territories from flooding. Factory and design drawings of flexible dams were developed for 4 standard sizes: 20 x 2 m, 20 x 3 m, 30 x 2 m, 30 x 3 m. As a result of testing flexible dams in the Krasnodar Territory, their effectiveness has been proven and their manufacture has been organized in the city of Kursk at the Rasvet plant.

Key words: *hydraulic structures, flexible dams, composite materials, engineering protection of the territory.*

Citation. Volosukhin V. A., Bandurin M. A., Prikhodko I. A. Theoretical justification for reducing the risks of operation of hydraulic structures and the use of flexible dams for engineering protection of the territory from flooding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 407-418 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-49.

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

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

УДК 627.8.04

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКИХ ДАМБ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ

В. А. Волосухин, доктор технических наук, профессор

М. А. Бандурин, доктор технических наук, доцент ВАК,

И. А. Приходько, кандидат технических наук, доцент ВАК

ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
г. Краснодар

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ и Кубанского научного фонда
в рамках научного проекта № 22-17-20001.*

Дата поступления в редакцию 29.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Обрушение в апреле Федоровского гидроузла в Краснодарском крае показало на существующую проблему износа гидротехнических сооружений водохозяйственного комплекса Краснодарского края. Такое состояние эксплуатируемых более 70 лет гидротехнических сооружений ставит под угрозу не только жизни людей, но и продовольственную безопасность России. **Объект.** Объектом исследований водохозяйственный комплекс Нижней Кубани. **Материалы и методы.** В статье выполнен анализ 2 методик оценки аварии риска сооружений: методами экспертной и количественной оценки. Доказывается эффективность использования результатов расчетов и данных натурных и лабораторных исследований, выполненных методом количественных показателей риска. Рассмотрены вопросы защиты территории и разгрузки русла Нижней Кубани путем использования композитных материалов на капроновой (нейлоновой) основе. Выполнен анализ отечественных и зарубежных производителей материалов на капроновой (нейлоновой) основе. В статье приведены отличительные свойства полимеров, влияющих на проведение и результаты механических испытаний. Приведены особенности и свойства отечественных однослойных полимерных тканей и зарубежных тяжелых. Вы-

полнен анализ номенклатуры прорезиновых тканей пригодных для использования в водном хозяйстве, даны характеристики резины для наружного покрытия согласно выпускаемым сортаментам и средние значения прочностных показателей изготовленных тканей в соответствии с нормативными. **Результаты и обсуждение.** В результате выполненных исследований было установлено, что для изготовления гибких дамб предлагается использовать тканевый материал с основой из капрона ТК-80, ТК-100, ТК-120, ТК-400. Установлено, что номинальная прочность на разрыв одного слоя текстильной основы из капрона ТК-80 для основы составляет 127,2 кН/м, по утку – 81,6 кН/м. Относительное удлинение по основе при нагрузке, равной 10 % номинальной прочности, составляет 2 %. Стойкость к многократному изгибу – более 300 тыс. раз. Разработан алгоритм назначения параметров гибкой дамбы. Даны рекомендации по обеспечению инженерной защиты территорий от затопления. Разработаны заводские и конструкторские чертежи гибких дамб для 4-х типоразмеров: 20 х 2 м, 20 х 3 м, 30 х 2 м, 30 х 3 м. В результате апробации гибких дамб в Краснодарском крае доказана их эффективность и организовано их изготовление в г. Курске на заводе «Рассвет».

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, гибкие дамбы, композитные материалы, инженерная защита территорий.

Цитирование. Волосухин В. А., Бандурин М. А., Приходько И. А. Теоретическое обоснование снижения рисков эксплуатации гидротехнических сооружений и использование гибких дамб для инженерной защиты территории от подтопления. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 407-418. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-49.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В нижнем течении р. Кубань во второй половине XX в. построен крупный водохозяйственный комплекс России, включающий 4 водохранилища (Краснодарское, Варнавинское, Крюковское, Шапсугское), 2 гидроузла (Федоровский, Тиховский), 760 км земляных дамб. Комплекс защищает 600 тыс. га пойменных земель, на которых расположены сельскохозяйственные угодья и поселения, где проживает более 350 тыс. чел.

По данным многолетних наблюдений среднегодовой расход р. Кубань составляет 428 м³/с, среднегодовой наибольший – 542 м³/с (1963 г.), среднегодовой наименьший – 238 м³/с. Наибольший расход в Низовье Кубани составил 2830 м³/с, наименьший – 60 м³/с. Следует отметить, что в средней части Кубани в створе г. Армавир в 2002 г. отмечен расход 4760 м³/с.

В настоящее время при оценке технического состояния различных гидротехнических сооружений широко применяется количественная оценка риска аварии, работа которой основана на различных пороговых показателях, предоставляемых экспертами, как правило, имеющими большие разбросы [3].

По нашему мнению, правильнее получать количественные показатели риска, основываясь на результатах расчетов и данных натурных и лабораторных исследований.

Материалы и методы. Теория риска получила развитие в работах отечественных ученых – А. Н. Крылова (1906), Б. Н. Жемочкина (1924), В. В. Болотина (1960, 1961), А. П. Синицина (1971-1978), Н. П. Ваучского (1975) и др., а также зарубежных авторов Т. S. Aziz (1977), R. G. Chantwood (1977), L. Esteva (1970) и др. [5]. В США расчет сооружений с использованием теории риска входит в нормативные документы.

В соответствии со СП 104.13330.2016 и СП 58.13330.2019 основные положения» при расчетах недопущение наступления предельного состояния обеспечивается по выражению [13]:

$$\gamma_{ec} F \leq \frac{R}{\gamma_n} \quad (1)$$

где γ_{ec} – коэффициент сочетания нагрузок; F – расчетное значение обобщенного силового воздействия; R – расчетное значение обобщенной несущей способности; γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения.

Введем обозначение:

$$\bar{F} = \gamma_{ec} F, \quad \bar{R} \leq \frac{R}{\gamma_n}. \quad (2)$$

Силовое воздействие и несущая способность определяются с некоторой вероятностью, поэтому несложно определить дисперсию $\sigma_{\bar{F}}$, $\sigma_{\bar{R}}$ и коэффициенты вариации $\delta_{\bar{F}}$, $\delta_{\bar{R}}$, а также расчетные параметры [6]:

$$v_0 = \frac{\bar{F}}{\bar{R}} \text{ и } m = \bar{F} - \bar{R}. \quad (3)$$

Далее вычисляем дисперсию σ_m :

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_{\bar{F}}^2 + \sigma_{\bar{R}}^2}. \quad (4)$$

Вводим новую переменную $u = (x - \xi)/\sigma$ и, используя формулы теории вероятностей, получаем величину риска:

$$risk = P\{(\bar{F} - \bar{R}) > 0\} = P\{m > 0\} = \Phi\left(-\frac{m}{\sigma_m}\right). \quad (5)$$

При значении $P < 1 \cdot 10^{-5}$ риск низкий, при $P \approx 1 \cdot 10^{-4}$ риск умеренный, при $P = 1 \cdot 10^{-3}$ и выше риск высокий.

Остаточный ресурс гидротехнического сооружения по полученным результатам визуального обследования позволяет предположить безопасный срок его дальнейшей эксплуатации. Однако, несмотря на многовековую борьбу с паводками на реках Южного федерального округа вопросы защиты территории и разгрузки русла Нижней Кубани остаются актуальными и в настоящее время.

В условиях Краснодарского края протяженность дамб обвалования рек Кубань и Протока составляет 750 км, срок их эксплуатации – уже более 50 лет. Средняя высота дамб в условиях Краснодарского края равна 2,25 м, максимальная – 4,8 м. Заложение сухого откоса $m_{сух} = 1,25 \dots 2,00$; $m_{сух} = 2,00 \dots 2,50$. Фактическая ширина по гребню дамб обвалования составляет $b = 4,0 \dots 6,0$ м [7, 8].

Одно из инновационных современных решений данной проблемы в настоящее время является применение современных композиционных материалов. По химической классификации компоненты таких тканей представляют собой высокомолекулярные полимеры различных групп, поэтому далее отметим некоторые отличительные свойства полимеров, влияющих на проведение и результаты механических испытаний [10]. Общая теория механических свойств современных полимеров к настоящему времени разработана недостаточно полно, что обусловлено их сравнительно недавним распространением и не традиционностью свойств этого типа материалов.

Результаты и обсуждение.

Для изготовления гибких дамб применяется современный отечественный материал с основой из капрона. Расчетная схема гибкой дамбы для расчетного случая приведена на рисунке 1.

Из технической теории тонких безмоментных оболочек (В. В. Новожилов, А. Л. Гольденвейдер и др.), находящихся под радиальной нагрузкой, имеем [1, 7]:

$$\frac{T_1}{R_1} + \frac{T_2}{R_2} = P, \quad (6)$$

где T_1 (T_2) – усилие в кольцевом (продольном) направлениях, кН/м; R_1 (R_2) – радиус кривизны в кольцевом (продольном) направлениях, м; P – нормальное давление, кПа.

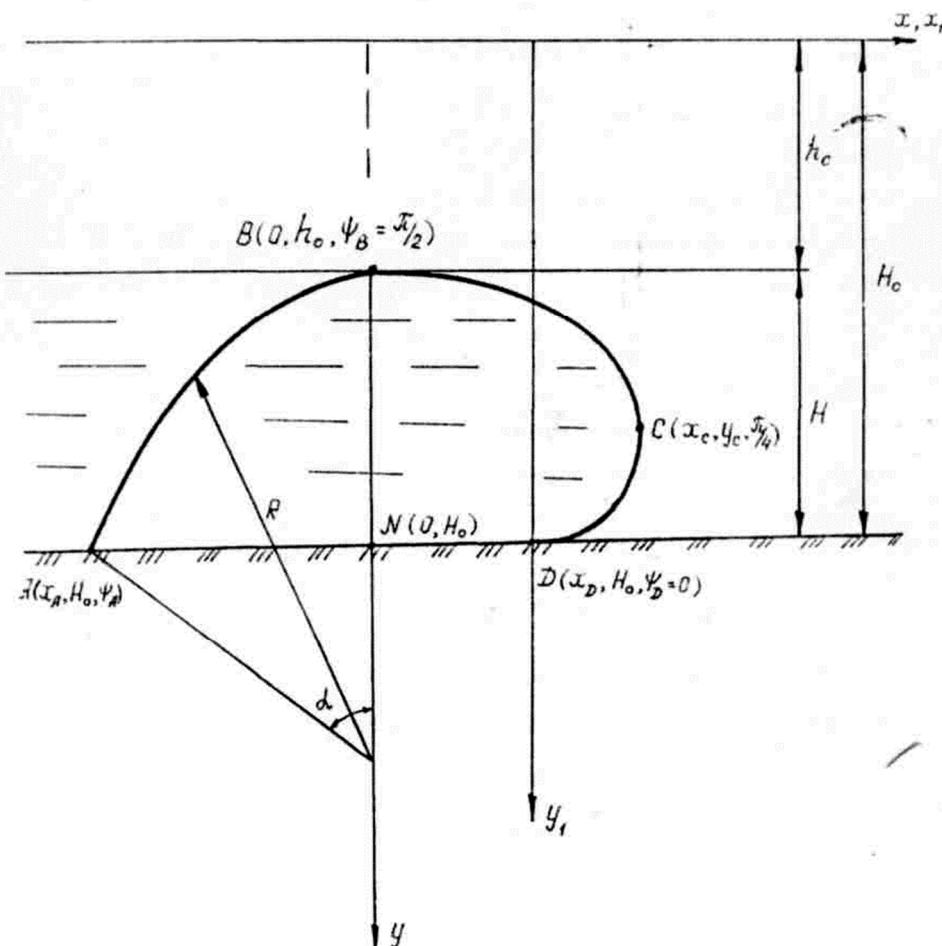


Рисунок 1 – Расчетная схема гибкой дамбы для расчетного случая

Figure 1 – Design scheme of a flexible dam for the design case

Для длинной цилиндрической оболочки $K_2 = 0$ ($R_2 \Rightarrow \infty$) выражение (6) принимает вид:

$$\frac{T_1}{R_1} = P, \quad (7)$$

где T_1 – усилие в кольцевом направлении является постоянной величиной (из условия равновесия действующих сил на касательную).

Для рассматриваемой задачи давление в гибкой дамбе вычисляется по выражению:

$$P = \gamma \cdot y, \quad (8)$$

где γ – удельный вес жидкости, кН/м³.

Так как $P > 0$, $T > 0$, то кривизна принимает вид:

$$K = \frac{1}{R_1} = \frac{y''}{[1+(y')^2]^{3/2}}. \quad (9)$$

Выражение (7) с учетом (8) имеет вид:

$$\frac{y''}{[1+(y')^2]^{3/2}} = \frac{\gamma \cdot y}{T}, \quad (10)$$

или

$$F(y, y', y'') = 0. \quad (11)$$

Полагаем $y' = P(y)$, тогда $\frac{dy'}{dx} = y'' = \frac{dP}{dy} \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{dP}{dy} \cdot P$.

Следовательно,

$$\frac{PdP}{[1+(P)^2]^{3/2}} = \frac{\gamma \cdot y dy}{T}. \quad (12)$$

Полагаем $1+P^2 = Z^2$, тогда $2P \cdot dP = 2ZdZ$ и выражение (12) принимает вид:

$$\frac{ZdZ}{Z^3} = \frac{\gamma \cdot y dy}{T}. \quad (13)$$

Проинтегрировав (13) и вернувшись к начальным обозначениям, получаем:

$$-\frac{1}{\sqrt{1+(y')^2}} = \frac{\gamma y^2}{2T} + C_1. \quad (14)$$

Используя граничные условия в (15) получаем $y = H_0$, $y' = \operatorname{tg} \varphi$, $\varphi = \pi$.

$$-\cos \varphi = \frac{\gamma y^2}{2T} + C_1, \quad C_1 = -\cos \pi - \frac{\gamma H_0^2}{2T} = 1 - \frac{\gamma H_0^2}{2T}.$$

Выражение (15) представим в виде:

$$\frac{\gamma y^2}{2T} + 1 - \frac{\gamma H_0^2}{2T} = -\cos \varphi.$$

Или

$$y^2 = H_0^2 - \frac{2T}{\gamma} (1 + \cos \varphi). \quad (16)$$

Перейдем к новой переменной $\varphi = \pi - 2\psi$,

тогда $\cos \varphi = \cos(\pi - 2\psi) = -\cos 2\psi$ и выражение (16) примет вид:

$$y^2 = H_0^2 - \frac{2T}{\gamma H_0^2} (1 - \cos 2\psi) = H_0^2 - \frac{4T}{\gamma} \sin^2 \psi = H_0^2 \left(1 - \frac{4T}{\gamma H_0^2} \sin^2 \psi \right). \quad (17)$$

Из выражения (17) с учетом физических условий задачи ($y > 0$) имеем:

$$y = H_0 \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi} = H_0 \Delta(k, \psi) = H_0 \Delta(\theta, \psi) \quad (18)$$

где

$$\Delta(k, \psi) = \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}; \quad (19)$$

$$k^2 = \frac{4T}{\gamma H_0^2}. \quad (20)$$

$$k = \sin \theta; \quad (21)$$

$$\sqrt{\frac{T}{\gamma}} = \frac{H_0 \sin \theta}{2}; \quad (22)$$

$$\sqrt{\frac{T}{\gamma \cdot H_0^2}} = 0,5 \sin \theta; \quad (23)$$

Так как

$$\frac{dy}{dx} = \frac{H_0(-k^2 \sin \psi \cos \psi)}{2\Delta(k, \psi)} = -\frac{k^2 H_0 \sin 2\psi}{2\Delta(k, \psi)}, \quad (24)$$

То

$$\begin{aligned} dx &= -\frac{dy}{\frac{dy}{dx}} = \frac{k^2 H_0 \cos 2\psi d\psi}{2\Delta(k, \psi)} = \frac{k^2 H_0 (k - 2 \sin^2 \psi) d\psi}{2\Delta(k, \psi)} = \\ &= \frac{k^2 H_0 d\psi}{2\Delta(k, \psi)} + \frac{H_0(-k^2 \sin^2 \psi + 1) d\psi}{\Delta(k, \psi)} = \\ &= H_0 \Delta(k, \psi) d\psi + H_0(0,5k^2 - 1) \frac{d\psi}{\Delta(k, \psi)}. \end{aligned} \quad (25)$$

отсюда

$$x = H_0[E(k, \psi) - (1 - 0,5k^2)F(k, \psi)] \quad , \quad (26)$$

где $F(k, \psi) = \int_0^\psi \frac{d\psi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \psi}}$ – эллиптический интервал I рода;

$E(k, \psi) = \int_0^\psi \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi} d\psi$ – эллиптический интервал II рода.

Так как $\frac{dy}{ds} = \sin \phi = \sin(\pi - 2\psi) = \sin 2\psi$,

То

$$dS = \frac{dy}{\sin 2\psi} = -\frac{k^2 H_0 d\psi}{2\Delta(k, \psi)}, \quad (27)$$

следовательно,

$$L = \frac{k^2 H_0}{2} F(k, \psi). \quad (28)$$

Длина дуги DCB равна:

$$L_{DCB} = 0,5 H_0 \sin^2 \theta F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right). \quad (29)$$

Длина дуги ND равна:

$$L_{ND} = -H_0 \left[E\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) - (1 - 0,5 \sin^2 \theta) F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) \right]. \quad (30)$$

Длина дуги NDCB равна:

$$L_{NDCB} = H_0 \left[F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) - E\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) \right]. \quad (31)$$

Площадь нижней части гибкой дамбы равна:

$$A = \int_{y_1}^{y_2} x dx = x_D y_D - \int y dx.$$

Так как

$$\int y dx = \int_0^{\pi/2} H_0 \Delta(k, \psi) \cdot \frac{k^2 H_0 \cos 2\psi d\psi}{\Delta(k, \psi)} = k^2 H_0^2 \int_0^{\pi/2} \cos 2\psi d\psi = 0,$$

То

$$A = x_D H_0 = H_0^2 \left[-E \left(\theta, \frac{\pi}{2} \right) + (1 - 0,5 \sin^2 \theta) F \left(\theta, \frac{\pi}{2} \right) \right]. \quad (32)$$

Из выражений (7), (17), (19) следует:

$$R = \frac{T}{\gamma y} = \frac{T}{\gamma H_0 \Delta(k, \psi)} = \frac{H_0 \sin^2 \theta}{4 \Delta(\theta, \psi)}, \quad (33)$$

Радиус кривизны в (·) В, при $\psi = \pi/2$ равен:

$$R_B = \frac{H_0 \sin^2 \psi}{4 \sqrt{1 - \sin^2 \theta}} = \frac{H_0 \sin^2 \theta}{4 \cos \theta}, \quad (34)$$

Из рисунка 1 следует:

$$\begin{aligned} \alpha &= \arccos \left(1 - \frac{H}{R_B} \right) = \arccos \left[1 - \frac{H_0 (1 - \cos \theta)}{H_0 \sin^2 \theta / 4 \cos \theta} \right] = \\ &= \arccos \left[1 - \frac{4 \cos \theta (1 - \cos \theta)}{\sin^2 \theta} \right] = \arccos \left[\frac{\sin^2 \theta - 4 \cos \theta + 4 \cos^2 \theta}{\sin^2 \theta} \right] = \\ &= \arccos \left[\frac{1 - 3 \cos \theta - \cos \theta + 3 \cos^2 \theta}{1 - \cos^2 \theta} \right] = \arccos \left[\frac{(1 - \cos \theta)(1 - 3 \cos \theta)}{(1 - \cos \theta)(1 + \cos \theta)} \right] = \\ &= \arccos \left[\frac{1 - 3 \cos \theta}{1 + \cos \theta} \right] \end{aligned} \quad (35)$$

Длина дуги АВ равна

$$L_{AB} = R_B \alpha = \frac{H_0 \sin^2 \theta}{4 \cos \theta} \alpha; \quad (36)$$

Длина AN равна

$$L_{AN} = R_B \sin \alpha = \frac{H_0 \sin^2 \theta}{4 \cos \theta} \sin \alpha; \quad (37)$$

Суммарный раскройный периметр дамбы равен:

$$L_{об} = H_0 \left[F \left(\theta, \frac{\pi}{2} \right) - E \left(\theta, \frac{\pi}{2} \right) + \frac{1}{4} \cdot \frac{\sin^2 \theta}{\cos \theta} (\alpha + \sin \alpha) \right]. \quad (38)$$

где

$$\alpha = \arccos \left(\frac{1 - 3 \cos \theta}{1 + \cos \theta} \right). \quad (39)$$

Определяющими для назначения параметров гибкой дамбы являются расчетные усилия в композитном материале и рабочая высота дамбы. Из выражений (17) и (19) имеем:

$$\begin{cases} \frac{H}{H_0} = (1 - \cos \theta); \\ \frac{4T_p}{\gamma H_0^2} = \sin^2 \theta. \end{cases} \quad (40)$$

Из системы (40) имеем:

$$\frac{T_p}{\gamma H^2} = \frac{\sin^2 \theta}{4(1 - \cos \theta)^2} = \frac{1 - \cos^2 \theta}{4(1 - \cos \theta)(1 + \cos \theta)} = \frac{1 + \cos \theta}{4(1 - \cos \theta)}. \quad (41)$$

Отсюда

$$\theta = \arccos \left[\frac{4\left(\frac{T_p}{\gamma H^2}\right) - 1}{4\left(\frac{T_p}{\gamma H^2}\right) + 1} \right]. \quad (42)$$

Объем воды в гибкой дамбе на единицу ширины вычисляется по выражению:

$$W = H_0^2 \cdot 1 \left[-E\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) + (1 - 0,5 \sin^2 \theta) F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) + \frac{\sin^4 \theta}{16 \cos^2 \theta} \left(\frac{\pi \alpha}{360^\circ} - \frac{1}{4} \sin 2 \alpha \right) \right]. \quad (43)$$

где $\alpha = \arccos \left(\frac{1 - 3 \cos \theta}{1 + 3 \cos \theta} \right)$.

Для расчетного случая, приведенного на рисунке 2, суммарный раскройный периметр будет вычисляться по выражению:

$$L_{об} = 2H_0 \left[F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) - E\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) \right]. \quad (44)$$

Объем воды в гибкой дамбе на единицу ширины будет равен:

$$W_0 = 2H_0^2 \left[(1 - 0,5 \sin^2 \theta) F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) - E\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) \right]. \quad (45)$$



Рисунок 2 – Гибкая дамба, изготовленная по патенту №2291931 заводом «Рассвет» в бассейне Нижней Кубани



Рисунок 3 – Разработчики гибкой дамбы обсуждают с сотрудниками ФГБУ «Краснодармелиоводхоз» вопросы ее эксплуатации при пропуске паводков редкой обеспеченности

Figure 3 – Flexible dam developers discuss with employees Federal State Budgetary Institution "Krasnodarmeliiovodkhoz" issues of its operation during the passage of floods of rare security

Выполним назначение эксплуатационных характеристик гибкой дамбы [2, 12]:

1. Назначаем расчетное усилие с учетом композита.
2. Из условий эксплуатации гибкой дамбы принимаем ее высоту для расчетного случая H .
3. По выражению (26) вычисляем модулярный угол θ .
4. Из выражения (25) определяем параметр H_0 , $H_0 = \frac{H}{1 - \cos \theta}$, давление воды в основании дамбы $P_0 = \gamma H_0$.
5. По выражению (24) вычисляем раскройный периметр дамбы.
6. По выражению (27), зная расчетную ширину B гибкой дамбы, определяем объем воды, находящийся в дамбе.
7. Определяем геометрические параметры дамбы.
8. Находим устойчивость гибкой дамбы на сдвиг.

Для поддержания заданного уровня гибкой дамбой при принятых раскройных параметрах ($L_{об}$) и типе материала (T_p) важно знать ее параметры на период монтажа. В качестве известных величин для данного расчетного случая будет $L_{об}$ и объем воды W или площадь поперечного сечения [9, 11].

Возведя выражение (44) в квадрат и поделив его на выражение (45), получаем:

$$\frac{w_0}{L_{об}^2} = \frac{(1 - 0,5 \sin^2 \theta) [F(\theta, \frac{\pi}{2}) - E(\theta, \frac{\pi}{2})]}{2 [F(\theta, \frac{\pi}{2}) - E(\theta, \frac{\pi}{2})]} = f_1(\theta). \quad (46)$$

Зная W_0 и $L_{об}$, из выражения (46) находим модулярный угол θ .

Из выражения (44) имеем:

$$H_0 = \frac{L_{об}}{2[F(\theta, \frac{\pi}{2}) - E(\theta, \frac{\pi}{2})]}. \quad (47)$$

Из выражения (22) получаем:

$$T = \frac{\gamma H_0^2 \sin^2 \theta}{4}. \quad (48)$$

Высота гибкой дамбы для монтажного случая определяется по выражению:

$$H = H_0(1 - \cos \theta). \quad (49)$$

Выводы.

Инженерная защита территорий от затопления должна обеспечивать:

- надежность защитных сооружений, бесперебойность их эксплуатации при наименьших затратах;
- возможность проведения систематических наблюдений за работой и состоянием сооружений и оборудования;
- оптимальные режимы эксплуатации сооружений.

Возможны различные оптимизационные задачи исследования гибких дамб в инженерной защите территории от затопления. На стадии проектирования это возможны задачи:

- оптимизации компоновочно-конструктивного решения;
- оптимизации стыковых типов секций гибких дамб и их количества;
- оптимизации подаваемого расхода на кратковременно затопленную территорию с целью разгрузки русла реки и др.

Нами разработаны заводские и конструкторские чертежи гибких дамб для 4-х типоразмеров: 20 x 2 м, 20 x 3 м, 30 x 2 м, 30 x 3 м. Мелкосерийное производство гибких дамб организовано на заводе «Рассвет» (г. Курск). Защитное сооружение (гибкая дамба многоразового и многоцелевого использования) защищена патентом Российской Федерации (патент № 2291931).

Библиографический список

1. Волосухин В. А., Бандурин М. А. Необходимость многофакторной диагностики Донской шлюзованной системы в условиях роста дефицита водных ресурсов и безопасности сооружений // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2017. Т. 9. № 2. С. 346-354.
2. Карпенко Н. П., Юрченко И. Ф. Теоретическое обоснование структуры классификатора критериев безопасности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса // Природообустройство. 2015. № 1. С. 12-15.
3. Пятьдесят лет научной школе мягких гидротехнических конструкций в водохозяйственном строительстве / Б. И. Сергеев, В. Л. Бондаренко, В. А. Волосухин, А. И. Ылясов. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, 2020. 248 с.
4. Солодунов А. А., Бандурин М. А. Вопросы безопасной эксплуатации внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем. Научное обеспечение агропромышленного комплекса // Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. 2019. С. 492-493.
5. Юрченко И. Ф. Расчет риска мероприятий повышения работоспособности объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 330-338.

6. Юрченко И. Ф. Специфика цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистемы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 376-388.

7. Юрченко, И. Ф. Цели и задачи трансформации сферы мелиоративной деятельности на основе цифровизации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 414-422.

8. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Vanzha V. V. Technology for water economy monitoring of technical state of closed drainage on irrigation systems // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. P. 214-218.

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 // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. 2019. P. 8933970.

10. Numerical analysis of static strength for different damages of hydraulic structures when changing stressed and strained state / V. A. Volosukhin, M. A. Bandurin, V. V. Vanzha, A. V. Mikheev, Y. V. Volosukhin // Journal of Physics: Conference Series. International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems. 2018. P. 042061.

11. Price characteristics of the project to construct the precipitation runoff system regulation / T. I. Safronova, O. G. Degtyareva, S. A. Vladimirov, I. A. Prikhodko // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. № 6. P. 1845-1852.

12. Reducing the anthropogenic impact of natural risks on small rivers in the south of Russia / M. A. Bandurin, A. A. Rudenko, I. P. Bandurina, I. A. Prikhodko // IOP International Science and Technology Conference "Earth Science. 2022. P. 042037.

13. Vladimirov S. A., Prikhodko I. A., Verbitsky A. Y. Justification of rice watering methods and crop cultures // Journal of Agriculture and Environment. 2019. No 1 (9). P. 15.

Информация об авторах

Волосухин Виктор Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почётный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедры сопро тивления материалов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2877-0985>, director@ibgts.ru

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент ВАК, заслуженный изобре татель РФ, декан факультета гидромелиорации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, chepura@mail.ru

Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент ВАК, исполняющий обя занности заведующего кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-50

IMPROVING THE PROCESS OF CUTTING SOIL AND WEEDS IN ORGANIC CROPTATION SYSTEM

N. I. Dzhabborov¹, A. V. Dobrinov¹, V.A. Eviev², S. V. Chugunov¹, S.D. Fomin³

¹*Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – branch of the Federal State Budgetary Institution FNAC VIM*

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

³*Volgograd State Agrarian University*

Received 02.10.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

Relevance. The relevance of the research topic is related to the problem of increasing the efficiency of the tillage process and the destruction of weeds with a powerful root system in organic crop rotation. The purpose of the research is to study and simulate the process of changing the structural and technological parameters of the developed working organ in the form of a sickle-shaped one-sided paw when cutting the

rhizomes of weeds in the tillage system. **An object.** The object of research was the process of cutting the soil and rhizomes of weeds by a dynamic working organ with a sickle-shaped one-sided paw, the subject of research is the patterns of changes in its structural and technological parameters. **Materials and methods.** During the research, computational and empirical methods of modeling the structural and technological parameters of tools were used, based on the study of patterns occurring in the process of tillage when cutting weeds. **Results and conclusions.** Deterministic and probabilistic mathematical models have been developed to determine the specific pressure on the working organ when cutting soil and plant roots with sliding, its active area of the frontal projection, the width of the grip and the cutting angle. It was found that when operating in various operating modes, the active area of the frontal projection, the width of the grip and the cutting angle of the dynamic working body respectively vary within 195.1-280.3 cm², 437.02-480.0 cm and 14.9-87.20. It has been found that with a decrease in the angles of the solution and cutting, the embedding of the sickle-shaped paw into the processed material is facilitated, the cutting effort and deformation of the cut soil layer and root are reduced, as well as the consumption of the required power for the process. If the cutting angles and the solution of the dynamic working body are excessively reduced, the cutting quality improves, but the thickness of the cutting edge and its strength decreases, which leads to an increase in wear. The use of a dynamic tillage working body with a sickle-shaped one-sided paw, in general, reduces dynamic loads, which mainly cause breakage or deformation of parts of tillage working bodies.

Key words: tillage, organic crop rotation, cutting of soil and plant rhizomes, dynamic working body, dynamic cutting, sickle-shaped one-sided paw.

Citation. Dzhabborov N.I., Dobrinov A.V., Eviev V.A., Chugunov S.V., Fomin S.D. Improving the process of cutting soil and weeds in organic crop rotation system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 418-433 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-50.

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

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

УДК 631.316.022.4:62-408.64

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПОЧВЫ И СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕВООБОРОТА

Н.И. Джаббаров¹, доктор технических наук, профессор

А.В. Добринов¹, кандидат технических наук, доцент

В.А. Эвиев², доктор технических наук, доцент

С.В. Чугунов¹, научный сотрудник

С.Д. Фомин³, доктор технических наук, доцент

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург

²Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста

³Волгоградский государственный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 02.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Актуальность темы исследований связана с проблемой повышения эффективности процесса обработки почвы и уничтожения сорной растительности с мощной корневой системой в органическом севообороте. Цель исследований – изучение и моделирование процесса изменения конструктивно-технологических параметров разработанного рабочего органа в виде серпообразной односторонней лапы при резании корневищ сорных растений в системе обработки почвы. **Объект.** Объектом исследований являлся процесс резания почвы и корневищ сорных растений динамичным рабочим органом с серпообразной односторонней лапой, предметом исследований являются закономерности изменения его конструктивно-технологических параметров. **Материалы и методы.** При проведении исследований применялись расчетно-эмпирические методы моделирования конструктивно-технологических параметров орудий, основанные на изучении закономерностей,

протекающих в процессе обработки почвы при резании сорных растений. **Результаты и выводы.** Разработаны детерминированные и вероятностные математические модели для определения удельного давления на рабочий орган при резании почвы и корней растений со скольжением, его активной площади фронтальной проекции, ширины захвата и угла резания. Установлено, что при работе в различных режимах работы активная площадь фронтальной проекции, ширина захвата и угол резания динамичного рабочего органа соответственно варьируют в пределах 195,1-280,3 см², 437,02-480,0 см и 14,9-87,2°. Установлено, что с уменьшением углов раствора и резания облегчается врезание серповидной лапы в обрабатываемый материал, снижаются затрачиваемое усилие на резание и деформация срезаемого слоя почвы и корня, а также расход потребной мощности на процесс. При чрезмерном уменьшении углов резания и раствора динамичного рабочего органа улучшается качество резания, но снижается толщина режущей кромки и её прочность, что приводит к увеличению износа. Использование динамичного почвообрабатывающего рабочего органа с серпообразной односторонней лапой, в целом снижает динамические нагрузки, которые в основном служат причиной поломки или деформации деталей почвообрабатывающих рабочих органов.

Ключевые слова: обработка почвы, органические севообороты, резание почвы, динамичные рабочие органы, динамическое резание, серпообразная односторонняя лапа.

Цитирование. Джаббаров Н.И., Добринов А.В., Эвиев В.А., Чугунов С.В., Фомин С.Д. Улучшение процесса резания почвы и сорной растительности в системе органического севооборота. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 418-433. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-50.

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. Исследованиям процесса обработки почвы посвящены работы многих отечественных и зарубежных учёных. Обработка почвы различными рабочими органами в целом представляется сложным процессом. При обработке почва подвергается резанию, растягиванию, сжатию, изгибу, сдвига и обрыву.

Различные авторы в своих трудах в основном рассматривают отдельно взятый процесс обработки почвы и её взаимодействие с рабочим органом.

В процессе проведения анализа проведенных исследований ставилось задачей наглядно пояснить сущность процесса резания и различные подходы к использованию его для совершенствования теории динамического резания при обработке почвы.

В результате анализа процесса резания корней семян авторами работы [7] разработаны зависимости сил, которые действуют на рабочий орган корнеподрезчиков и выкопчных машин с учётом их геометрических параметров и особенностей технологического процесса.

Авторами работы [18] разработан дисковый рабочий орган для обработки почвы и обоснована форма его режущей поверхности. Предложены формулы для анализа и определения величины деформации почвы, контактного напряжения на режущей кромке диска, сопротивления почвы резанию и другие параметры процесса резания почвы.

Более подробно изучено взаимодействие элементов рабочих органов с почвой в работе [8], где предложены математические модели для определения силы тяги трактора для преодоления горизонтальной составляющей и вертикальной составляющих сил трения почвы, а также затрат энергии на механическое перемещение ножа для разработки одного кубического метра грунта.

Заслуживают внимания результаты исследований деформирования почвы рабочими органами машин и орудиями технологических комплексов, изложенные в статье [6]. В данной работе автор приходит к заключению, что почва в зависимости от того, в

какие деформационные условия она будет поставлена, может разрушаться как путём отрыва, так и путём сдвига и поэтому может обладать, как тем, так и другим видом сопротивления деформированию и разрушению.

Исследования [16] показали, что в условиях свободного резания разрушение почвы под воздействием рабочих органов почвообрабатывающих машин происходит путём сдвига по вертикальным и горизонтальным плоскостям, направленным в стороны боковых разрыхленных зон, то есть под углом к направлению движения.

Необходимо отметить, что использование математического аппарата разрушения упругих тел в классическом виде при проектировании почвообрабатывающих рабочих органов оказывается малоэффективным [2]. В данной статье рассмотрен один из возможных подходов к исследованию процесса разрушения почвы рабочими органами почвообрабатывающих машин. Автором предложена математическая модель силы сопротивления клина в функции от силы разрушения и силы трения движения почвы по клину в момент разрушения пласта.

Исследованиями [1] установлено, что при обработке почвы на степень её деформации и рыхления оказывают большое влияние конструктивные параметры рабочих органов. Общая степень деформации при этом состоит из деформации разрыва, сжатия, поворота и сдвига почвы.

Автором работ [9, 10] подробно рассмотрено взаимодействие поверхности и кромки консольного ножа с грунтом. Разработана методика расчёта силовых характеристик, структура, и определена совокупная энергия на процессы взаимодействия кромки и поверхности консольного ножа с грунтом.

Содержательное описание режимов резания и силовые воздействия на культиваторную лапу изложены в работе [11]. В данной работе даны схемы и силовые характеристики рубящего резания, резания с продольным перемещением и резания почвы со скольжением.

В последние годы во всем мире возросло внимание общества к повышению экологической безопасности технологий и технических средств возделывания сельскохозяйственных культур, в целом биологизации земледелия. При этом с целью исключения применения химических средств защиты растений вопросы механической борьбы с сорными растениями становятся актуальными. В качестве примера можно привести результаты исследований, которые отражают эффективность культиватора со щеточными барабанами [12], предпосевной и многократной обработками почвы [14, 15] в борьбе с сорными растениями механическим способом. Анализ результатов сравнительных испытаний химического и механического способов борьбы с сорными растениями [17, 19] в целом позволяет заключить о необходимости дифференцированного их применения в зависимости от почвенно-рельефных и климатических условий возделывания сельскохозяйственных культур.

Начиная с 2015 года авторами настоящей статьи разработаны научные основы проектирования принципиально новых динамичных почвообрабатывающих рабочих органов с изменяемыми в заданных пределах параметрах: площади фронтальной проекции, углах резания и крошения почвы, практическая реализация которых в реальных условиях работы должна обеспечить повышение эффективности поверхностной обработки почвы снижением тягового сопротивления на 10-20 % и уменьшением расхода топлива на единицу обрабатываемой площади на 8-10 % по сравнению с типовыми почвообрабатывающими рабочими органами.

Техническая новизна созданных динамичных почвообрабатывающих рабочих органов подтверждена рядом патентов РФ (№ 169104, № 182130, № 2702551, №2755317, №2769225), а результаты экспериментальных исследований изложены в ряде работ [3-5, 13, 20].

Так, в работе [4] были обоснованы конструктивные параметры рабочего органа для поверхностной и мелкой обработок почвы и уничтожения сорных растений, имеющих мощную корневую систему в органическом севообороте. Особенность конструкции его заключается в применении одностороннего крыла (лапы) серпообразной формы, прикрепленного к стойке посредством упругого элемента, наличие которого обеспечивает появление автоколебаний для предотвращения налипания на крыло почвы и корней растений, а также улучшения процесса подрезания и рыхления.

Полученные в процессе исследований [5] закономерности изменения агротехнических и эксплуатационных показателей экспериментальных рабочих органов серпообразной формы обеспечили требуемое качество подрезания сорной растительности и допустимое тяговое сопротивление.

Рассмотренный анализ литературных источников по теории резания почвы и других материалов иллюстрирует общую теорию резания почвы и дает представление о наиболее значимых принципах моделирования процесса обработки почвы, в частности, отражает использование различных методов определения сил сопротивления резанию почв, исходя из определенной совокупности наиболее значимых искомых факторов, то есть многочисленных характеристик процесса.

Практика показывает, что все факторы, влияющие на показатели процесса резания, являются случайными, в итоге математические модели процесса резания почвы должны быть вероятностными.

Таким образом, рассматриваемый процесс резания корневищ сорных растений при обработке почвы можно представить как совокупность процессов сдвига, изгиба, обрыва, сжатия и растягивания почвы рабочими органами различной конфигурации.

Исходя из этого, целью исследований является изучение и моделирование процесса изменения конструктивно-технологических параметров рабочего органа с серпообразной односторонней лапой при резании корневищ сорных растений в зависимости от ее колебаний в процессе обработки почвы.

Материалы и методы. Объектом исследований являлся процесс резания почвы и корневищ сорных растений динамичным рабочим органом с серпообразной односторонней лапой (рисунок 1), предметом исследований являются закономерности изменения его конструктивно-технологических параметров.



Рисунок 1 – Общий вид динамичного рабочего органа с серпообразной односторонней лапой

Figure 1 – General view of a dynamic working organ with a sickle-shaped one-sided paw

Основные конструктивные параметры рабочего органа для уничтожения сорных растений следующие: глубина обработки почвы – 5-15 см; ширина захвата рабочего органа – 540 мм; ширина захвата крыла – 480 мм; высота стойки – 880 мм; угол раствора в начале крыла – 30 град.; угол крошения долота – 30 град.; радиус кривизны режущей кромки крыла – 500 мм.

При проведении исследований применялись расчетно-эмпирические методы моделирования конструктивно-технологических параметров орудий, основанные на изучении закономерностей, протекающих в процессе обработки почвы при резании сорных растений.

Результаты и обсуждение. Исходя из приведенного анализа научных статей [1-20] эффективность процесса резания почвы и её рыхление разработанным динамичным рабочим органом зависят от многочисленных факторов, в первую очередь, от таких как:

- геометрические параметры (угол заточки, шероховатость, угол резания, ширина захвата, толщина и т.д.);
- скорость перемещения в процессе работы;
- удельное давление на рабочий орган и на его режущую кромку;
- свойство материала, из которого изготовлен рабочий орган;
- скольжение почвы и корневищ сорных растений по рабочему органу;
- защемление корневищ сорных растений.

На рисунке 2 представлена схема сил, действующих на серпообразную одностороннюю лапу динамичного почвообрабатывающего рабочего органа.

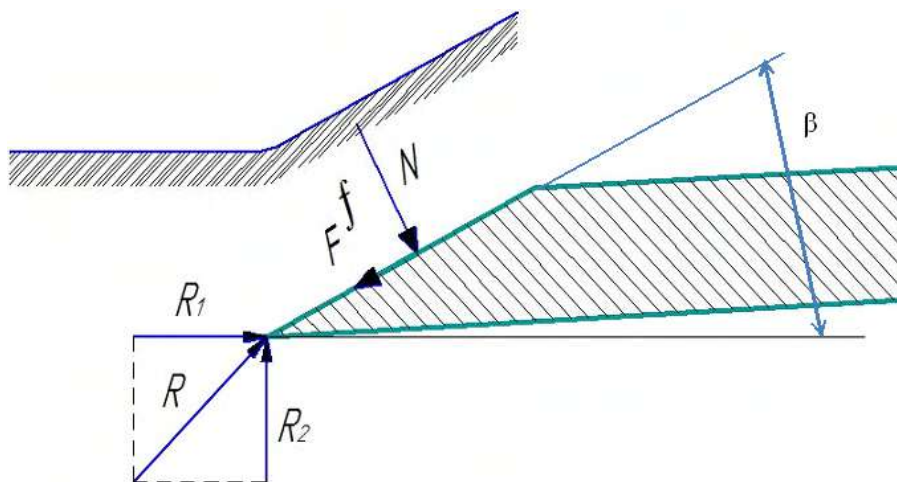


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на серпообразную одностороннюю лапу динамичного почвообрабатывающего рабочего органа:

N – нормальное давление почвы на фаску серпообразной лапы; F^f – сила трения почвы о стали; R – реакция почвы на затупленную площадку лезвия лапы; R_1 и R_2 – горизонтальная и вертикальная составляющие реакции R почвы; β – угол резания

Figure 2 – Diagram of forces acting on the sickle-shaped one-sided paw of a dynamic tillage working body: N is the normal pressure of the soil on the chamfer of the sickle-shaped paw;

N – the friction force of the soil on steel; R - the reaction of the soil to the blunted pad of the paw blade; R_1 and R_2 - the horizontal and vertical components of the soil reaction R ; β - the cutting angle

От правильного выбора угла резания β зависят сила резания, действующая на одностороннюю серпообразную лапу, потребная мощность и качество резания.

На рисунке 3 рассмотрены силы, действующие лапу рабочего органа при резании почвы и корней растений со скольжением.

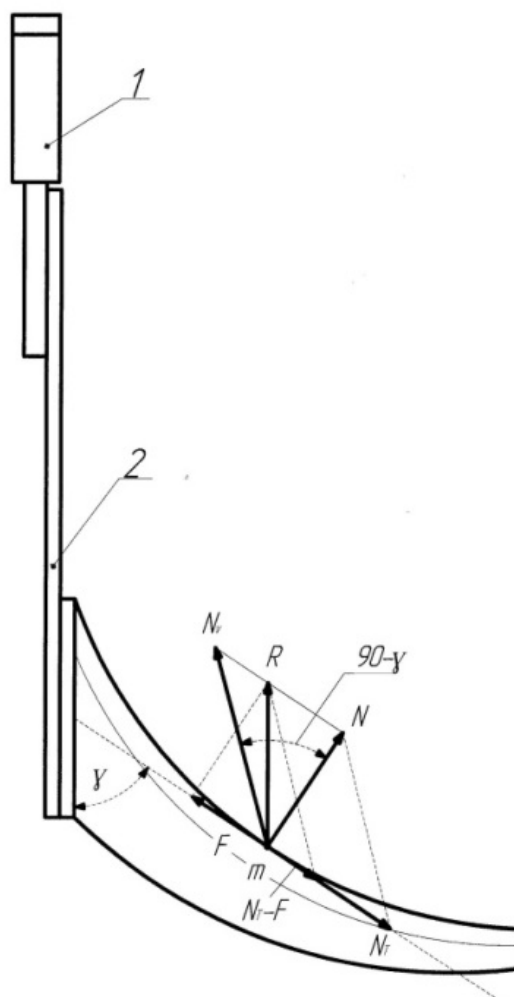


Рисунок 3 – Силы, действующие на серпообразную одностороннюю лапу рабочего органа при резании почвы и корней растений со скольжением:

1 – долото со стойкой рабочего органа; 2 – упругий элемент; N – нормальное давление (сила, действующая на почвенный компонент); F – сила трения на фаске ножа серпообразной односторонней лапы; R – сила резания; N_T – касательная сила к лезвию серпообразной лапы; N_V – сила, воздействующая на лезвие лапы по направлению скорости перемещения; γ – угол раствора; m – почвенный компонент

Figure 3 – Forces acting on the sickle-shaped one-sided paw of the working body when cutting soil and plant roots with sliding:

1 – chisel with a working body stand; 2 - elastic element; N - normal pressure (force acting on the soil component); F - friction force on the chamfer of the knife of the sickle-shaped one-sided paw; R - cutting force; N_T - tangential force to the blade of the sickle-shaped paw; N_V - force acting on the blade of the paw in the direction of the speed of movement; γ – angle of the solution; m - soil component

Удельное давление на лезвие серпообразной односторонней лапы рабочего органа при скользящем резании можно определить по формуле:

$$P_{sp} = N / \Delta L, \text{ Н/мм}, \quad (1)$$

где N – нормальное давление, Н; ΔL – загруженная часть лезвия ножа серпообразной односторонней лапы (зона действия нормального давления, то есть силы, действующей на почвенный компонент), мм.

В процессе резания почвы или корневищ сорных растений они разрушаются под воздействием давления вершины лезвия (двухгранного угла рабочей части) серпообразной односторонней лапы. При этом процесс резания лезвием лапы состоит из двух основных этапов: первое – уплотнение почвы и корневищ сорных растений, и второе – их резание (рисунок 4).

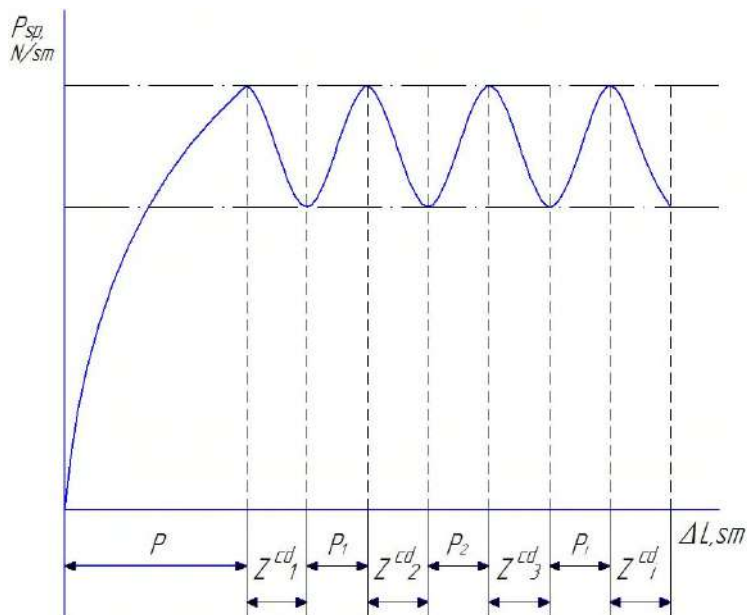


Рисунок 4 – Принципиальная схема изменения удельного давления на лезвие серпообразной односторонней лапы динамического рабочего органа при скользящем резании: P_{sp} – удельное давление на лезвие серпообразной односторонней лапы; ΔL – загруженная часть лезвия ножа лапы; P – начальная зона уплотнения почвы; $P_1, P_2 \dots P_i$ – зоны уплотнения почвы; $Z_1^{cd}, Z_2^{cd}, Z_3^{cd} \dots Z_i^{cd}$ – зоны резания и разуплотнения

Figure 4 – Schematic diagram of the change in specific pressure on the blade of a sickle-shaped one-sided paw of a dynamic working body during sliding cutting:

P_{sp} – specific pressure on the blade of a sickle-shaped one-sided paw; ΔL – loaded part of the blade of the paw knife; P – initial soil compaction zone; $P_1, P_2 \dots P_i$ – soil compaction zones; $Z_1^{cd}, Z_2^{cd}, Z_3^{cd} \dots Z_i^{cd}$ – cutting and decompression zones

Как видно из рисунка 4 в начале процесса происходит процесс сжатия и уплотнения обрабатываемого материала. Далее происходит резание, которое характеризуется волнообразной кривой.

На рисунке 5 показана зависимость активной площади фронтальной проекции F_a динамического почвообрабатывающего рабочего органа с серпообразной односторонней лапой при отсутствии колебаний (при фиксированных значениях ширины захвата и угла раствора) от глубины обработки h_{sm} почвы.

Активная площадь фронтальной проекции F_a динамического почвообрабатывающего рабочего органа представляет собой ту площадь его поверхности, которая непосредственно взаимодействует с почвой и зависит от его конструктивных параметров (формы, качества поверхности или обтекаемости), расположения на раме агрегата и глубины обработки почвы [12].

В большинстве своем на почвообрабатывающих машинах используются рабочие органы с фиксированными геометрическими размерами, то есть в таких рабочих органах площадь фронтальной проекции остается постоянной. Рабочие органы (с изменя-

мой геометрией) в определённом диапазоне позволяют во время работы на непродолжительное время снизить тяговое сопротивление, уменьшить свою площадь фронтальной проекции при увеличении плотности или твердости почвы.

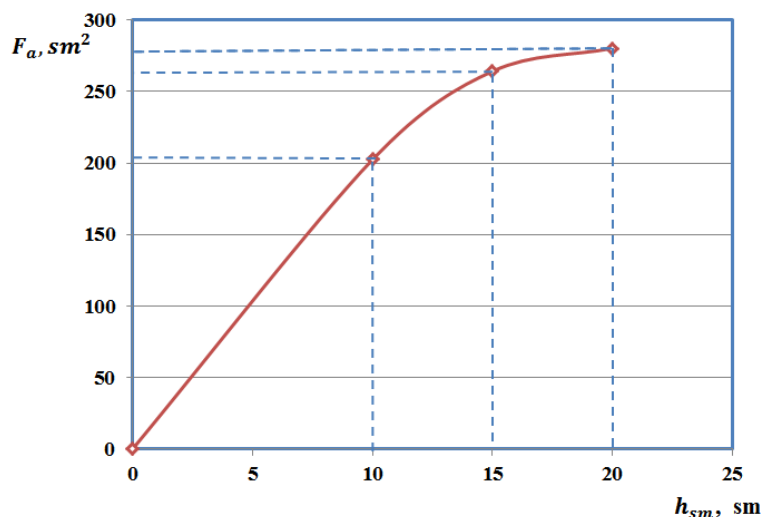


Рисунок 5 – Зависимость активной площади фронтальной проекции F_a динамического почвообрабатывающего рабочего органа от глубины обработки h_{sm} почвы

Figure 5 – Dependence of the active area of the frontal projection F_a of a dynamic tillage working body on the depth of tillage h_{sm} of the soil

Анализ полученной зависимости показывает, что при увеличении глубины обработки h_{sm} почвы от 5 до 20 см активная площадь фронтальной площади F_a динамического почвообрабатывающего рабочего органа увеличивается от 116,80 до 280,27 см² (рисунок 5).

Снижение интенсивности роста активной площади фронтальной проекции F_a начинается на глубине 15 см и продолжается до 20 см и связано со стабилизацией величины плотности и твердости в данном почвенном горизонте.

Выявленная закономерность изменения активной площади фронтальной проекции F_a динамического почвообрабатывающего рабочего органа при отсутствии колебаний от глубины h_{sm} обработки почвы, описывается эмпирической зависимостью:

$$F_a = -0.62298h_{sm}^2 + 26.47275h_{sm}. \quad (2)$$

Из-за вероятностного характера изменения глубины обработки почвы происходит нестабильность значений активной площади фронтальной площади рабочего органа.

Вероятностная математическая модель активной фронтальной площади динамического почвообрабатывающего рабочего органа, дифференцированная от меры рассеяния глубины обработки почвы, выглядит так:

$$\bar{F}_a = a\bar{h}_{sm} + b\bar{h}_{sm}^2(1 + v_{h_{sm}}^2), \quad (3)$$

где $a = 26.47275$ и $b = -0.62298$ – угловые коэффициенты; $\bar{h}_{sm}$ – среднее значение глубины обработки почвы, см; $v_{h_{sm}}$ – мера рассеяния (или коэффициент вариации) глубины обработки почвы.

Колебание нагрузки на серпообразную одностороннюю лапу, в том числе и удельного давления на её лезвие, приводит к изменению ширины захвата, угла резания и площади фронтальной проекции рабочего органа.

В качестве примера на рисунке 6 представлена графическая зависимость ширины захвата b_w динамического почвообрабатывающего рабочего органа от смещения l конца его упругого элемента.

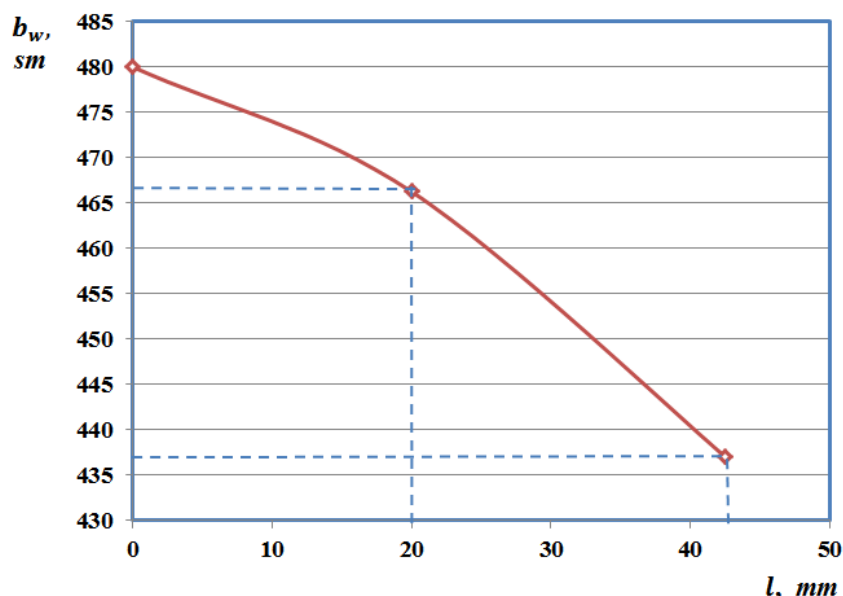


Рисунок 6 – Зависимость ширины захвата b_w динамического рабочего органа от смещения l конца упругого элемента

Figure 6 – The dependence of the capture width b_w of the dynamic working body on the displacement l of the end of the elastic element

Значения величины смещения конца упругого элемента не остаются постоянными по причине случайного характера нагрузки на рабочий орган, в том числе и на лезвие серпообразной односторонней лапы. Это в целом приводит к постоянному изменению ширины захвата рабочего органа.

При смещении конца упругого элемента от 0 до 42,5 см (рисунок 6) наблюдается уменьшение ширины захвата рабочего органа от 480 до 437,02 см.

Эмпирическая зависимость, описывающая закономерность изменения ширины захвата b_w рабочего органа от смещения l конца упругого элемента, описывается следующим выражением:

$$b_w = -0.01439l^2 - 0.39968l + 480. \quad (4)$$

Вероятностную математическую модель процесса изменения ширины захвата рабочего органа, дифференцированную от меры рассеяния величины смещения конца упругого элемента, можно представить в виде:

$$b_w = a_1 + b_1l + c_1l^2(1 + v_l^2), \quad (5)$$

где $a_1 = 480$ – постоянная величина; $b_1 = -0.39968$ и $c_1 = -0.01439$ – угловые коэффициенты; v_l – коэффициент вариации смещения конца упругого элемента.

Как уже было установлено, из-за вероятностного характера нагрузки происходит изменение активной площади фронтальной проекции и ширины захвата почвообрабатывающего рабочего органа. При этом угол раствора γ лезвия лапы также не остается постоянным и изменяется в зависимости от расстояния L_b от упругого элемента до искомой точки P_i , в пределах от 0 до 480 мм (рисунок 7).

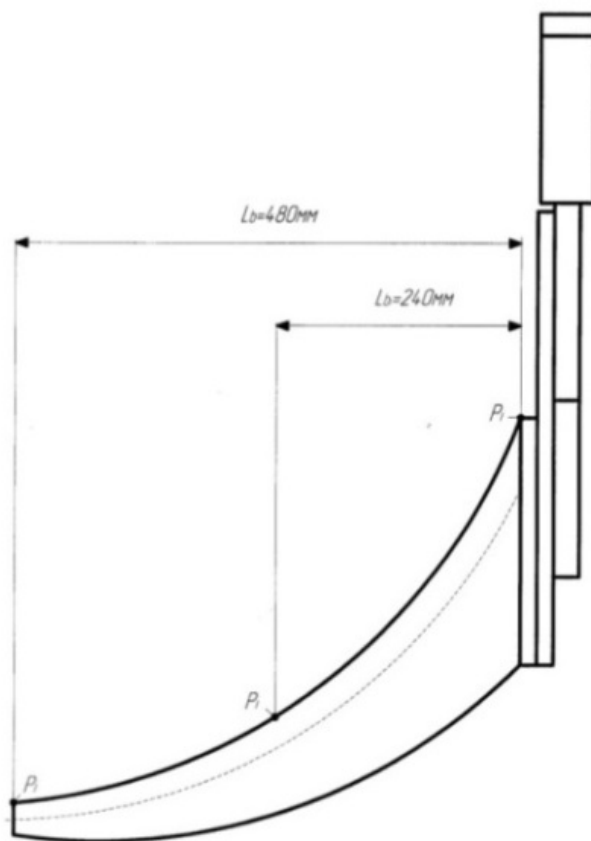


Рисунок 7 – Схема измерения расстояния L_b (L_{b_i}) от упругого элемента до искомой точки P_i

Figure 7 – Distance measurement scheme L_b (L_{b_i}) from the elastic element to the desired point P_i

Графическая зависимость угла раствора γ односторонней серповидной лапы динамического почвообрабатывающего рабочего органа на расстоянии L_b от упругого элемента до искомой точки P_i показана на рисунке 8.

Изменение угла раствора γ лапы рабочего органа на расстоянии L_b от упругого элемента до искомой точки P_i описывается следующими эмпирическими зависимостями:

- при отсутствии смещения конца упругого элемента рабочего органа, $l = 0$ мм:

$$\gamma = -0.00012L_b^2 + 0.19908L_b + 19.38. \quad (6)$$

- при смещении конца упругого элемента рабочего органа, $l = 20$ мм:

$$\gamma = -0.00013L_b^2 + 0.20188L_b + 17.20. \quad (7)$$

- при смещении конца упругого элемента рабочего органа, $l = 42,5$ мм:

$$\gamma = -0.00014L_b^2 + 0.20494L_b + 14.90. \quad (8)$$

При изменении расстояния L_b от 0 до 480 мм и смещении конца упругого элемента от 0 до 42,5 мм угол раствора по всему периметру лезвия лапы почвообрабатывающего рабочего органа изменяется в широких пределах $\gamma = 14,9 - 87,18^\circ$.

Более длинная траектория резания лапы с заданным радиусом кривизны режущей кромки 500 мм рабочего органа по сравнению с существующими орудиями обеспечивает скользящее рубящее резание корней (рисунок 4).

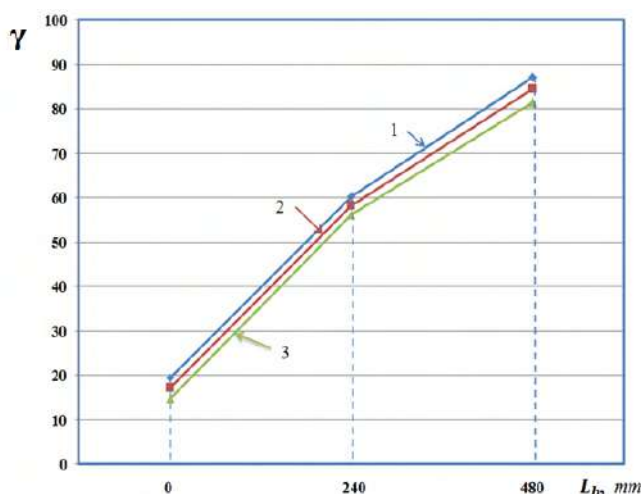


Рисунок 8 – Зависимости угла раствора γ односторонней серповидной лапы рабочего органа при смещении l на расстояние L_b от упругого элемента до искомой точки P_i :

- 1 – при отсутствии смещения конца упругого элемента рабочего органа, $l = 0$ мм;
- 2 – при смещении конца упругого элемента рабочего органа, $l = 20$ мм;
- 3 – при смещении конца упругого элемента рабочего органа, $l = 42,5$ мм

Figure 8 – Dependences of the angle of the solution γ of the one-sided sickle-shaped paw of the working body at a displacement l by a distance L_b from the elastic element to the desired point P_i :

- 1 - in the absence of displacement of the end of the elastic element of the working body, $l=0$ mm;
- 2 - when the end of the elastic element of the working body is displaced, $l = 20$ mm;
- 3 - when the end of the elastic element of the working body is displaced, $l = 42.5$ mm

Графическая зависимость угла раствора γ серповидной лапы рабочего органа на расстояние L_b от величины смещения l конца упругого элемента представлена на рисунке 9.

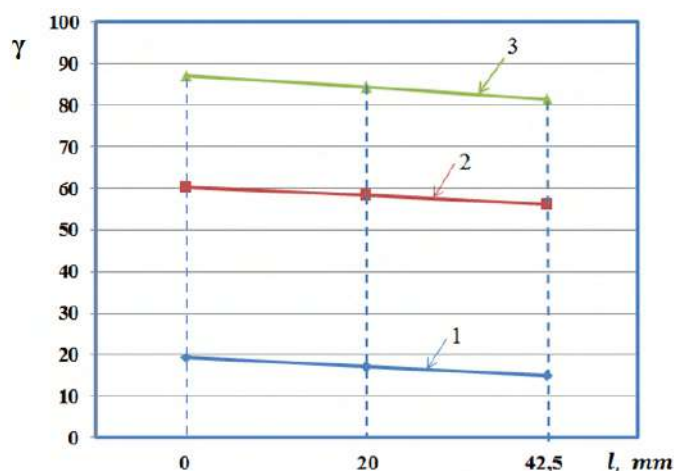


Рисунок 9 – Зависимости угла раствора γ серповидной лапы рабочего органа на расстояние L_b от величины смещения l конца упругого элемента:

- 1 – исходная точка измерения в месте крепления лапы и упругого элемента, $L_b \cong 0$;
- 2 – исходная точка измерения в центре лапы, $L_b = 240$ мм;
- 3 – исходная точка измерения на конце лапы, $L_b = 480$ мм

Figure 9 – Dependences of the angle of solution γ of the sickle-shaped paw of the working body at a distance L_b from the displacement value l of the end of the elastic element:

- 1 - the starting point of measurement at the attachment point of the paw and the elastic element, $L_b \cong 0$;
- 2 – the starting point of measurement in the center of the paw, $L_b = 240$ mm;
- 3 – the starting point of measurement at the end of the paw, $L_b = 480$ mm

При функционировании серповидной лапы динамического почвообрабатывающего рабочего органа угол раствора γ в отдельно взятой искомой точке P_i не остается постоянным по причине постоянного колебания упругого элемента, что в итоге, как показали результаты экспериментальных исследований, улучшает процесс резания.

Закономерности изменения угла γ раствора серповидной лапы рабочего органа на расстояние L_b от величины смещения конца упругого элемента l описываются следующими эмпирическими зависимостями:

– исходная точка измерения в месте крепления серповидной лапы и упругого элемента $L_b \cong 0$:

$$\gamma = 0.00016l^2 - 0.11219l + 19.38. \quad (9)$$

– исходная точка измерения в центре лапы ($L_b = 280$ мм):

$$\gamma = 0.00016l^2 - 0.10261l + 60,22. \quad (10)$$

– исходная точка измерения в конце лапы ($L_b = 480$ мм):

$$\gamma = 0.00018l^2 - 0.14166l + 87,18. \quad (11)$$

На рисунке 10 показаны зависимости активной площади фронтальной проекции F_a динамического почвообрабатывающего рабочего органа от смещения l конца упругого элемента.

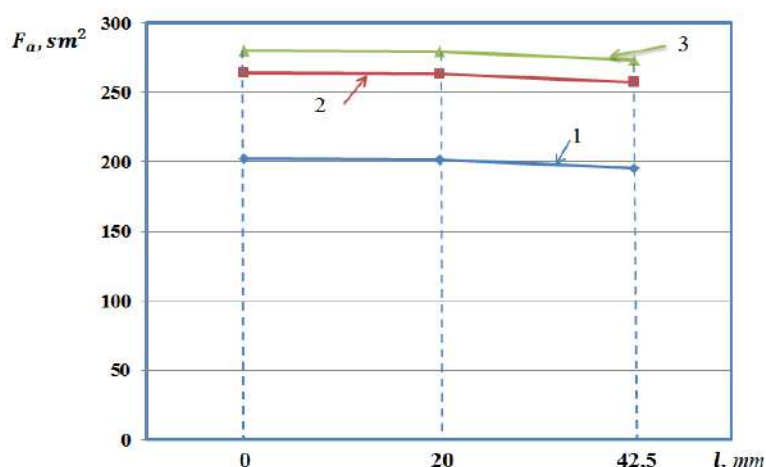


Рисунок 10 – Зависимости активной площади фронтальной проекции F_a динамического почвообрабатывающего рабочего органа от смещения l конца упругого элемента:

1 – глубина обработки почвы $h_{cm} = 10$ см; 2 – глубина обработки почвы $h_{cm} = 15$ см;
3 – глубина обработки почвы $h_{cm} = 20$ см

Figure 10 – Dependences of the active area of the frontal projection F_a of a dynamic tillage working body on the displacement of the l end of the elastic element:

1 – the depth of tillage $h_{cm} = 10$ cm; 2 – the depth of tillage $h_{cm} = 15$ cm;
3 – the depth of tillage $h_{cm} = 20$ cm

В пределах изменения глубины обработки почвы $h_{cm} = 0 - 20$ см и смещения конца упругого элемента $l = 0 - 42,5$ см, активная площадь фронтальной проекции динамического почвообрабатывающего рабочего органа $F_a = 195,136 - 280,265$ см².

Закономерности изменения активной площади F_a фронтальной проекции адаптивного почвообрабатывающего рабочего органа от смещения l конца упругого элемента описываются следующими эмпирическими зависимостями:

- глубина обработки почвы $h_{\text{см}} = 10$ см:

$$F_a = -0.00586l^2 + 0.077565l + 202.43. \quad (12)$$

- глубина обработки почвы $h_{\text{см}} = 15$ см:

$$F_a = -0.00586l^2 + 0.077565l + 264.201. \quad (13)$$

- глубина обработки почвы $h_{\text{см}} = 20$ см:

$$F_a = -0.00586l^2 + 0.077565l + 280.265. \quad (14)$$

Исходя из проведенных исследований, можно заключить, что углы раствора γ и резания β играют важную роль в процессе резания как самой почвы, так и корневищ сорных растений. С уменьшением углов γ и β облегчается врезание серповидной лапы в обрабатываемый материал, снижается затрачиваемое усилие на резание и уменьшаются деформация срезаемого слоя почвы и корня, а также расход потребной мощности на процесс. При чрезмерном уменьшении углов γ и β , улучшается качество резания, но снижается толщина режущей кромки и понижается её прочность, что приводит к увеличению износа. При увеличении углов γ и β происходит ухудшение качества резания и увеличение потребной мощности на процесс.

Применяемые в настоящее время в производстве почвообрабатывающие рабочие органы имеют постоянные углы раствора γ резания β , при этом качество процесса обработки почвы достигается, как правило, возможностью выбора рациональных скоростных режимов работы и частичной регулировкой их положения в конструкции машины.

В разработанном динамичном почвообрабатывающем рабочем органе серповидная односторонняя лапа закреплена со стойкой посредством упругого элемента, что обеспечивает её колебания в зависимости от нормального давления N (рисунок 3). Энергия нормального давления N превращается во внутренние колебания деталей рабочего органа.

Величина нормального давления N представляет собой случайную величину, которая зависит от непрерывно изменяющейся твердости, плотности, влажности, глубины обработки почвы и других факторов.

При этом происходит колебание скорости и угла раствора γ , а также угла резания β серповидной лапы, то есть происходит динамическое резание. Причём при увеличении нормального давления N происходит изменение углов раствора и резания в меньшую сторону, что в принципе улучшает качество процесса.

Результаты исследований других ученых [2, 16] и авторов настоящей работы свидетельствуют, что динамическое резание снижает вероятность появления нароста на режущей кромке почвообрабатывающего рабочего органа, который повышает его тяговое сопротивление, а в случае образования на лезвии лапы способствует его срыву.

Использование динамичных рабочих органов [5, 13, 20], в том числе с серповидной односторонней лапой, в целом снижает динамические нагрузки, которые в основном служат причиной поломки или деформации деталей почвообрабатывающих рабочих органов.

Следует отметить, что изложенные результаты наших исследований в дальнейшем могут быть использованы для решения практических задач, возникающих при разработке принципиально новых энергоэффективных рабочих органов для обработки почвы и уничтожения сорных растений с мощной корневой системой.

Выводы. Обоснована схема сил, действующих на серповидную одностороннюю лапу динамичного рабочего органа при резании почвы и корней растений со скольжением.

Установлена закономерность изменения удельного давления на лезвие лапы рабочего органа при скользящем резании.

Установлены закономерности изменения активной площади фронтальной проекции, ширины захвата, угла раствора почвообрабатывающего рабочего органа от нагрузки и колебаний упругого элемента.

В результате исследований установлено, что углы раствора и резания играют важную роль в процессе резания почвы и корневищ сорных растений. С их уменьшением облегчается врезание серповидной лапы в обрабатываемый материал, снижаются затрачиваемое усилие на резание и деформация срезаемого слоя почвы и корня, а также расход потребляемой мощности на процесс. При чрезмерном уменьшении углов резания и раствора динамического рабочего органа улучшается качество резания, но снижается толщина режущей кромки, понижается её прочность, что приводит к увеличению износа.

Использование динамического почвообрабатывающего рабочего органа с серповидной односторонней лапой, в целом снижает динамические нагрузки, которые в основном служат причиной поломки или деформации деталей почвообрабатывающих рабочих органов.

Библиографический список

1. Ахметшин Т. Ф. Влияние геометрических параметров почвообрабатывающих деталей на степень деформации почвы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (45). С. 50-53.
2. Бледных В. В. Разрушение почвы двухгранным клином // Фундаментальные основы научно-технической и технологической модернизации АПК (ФОНТиТМ-АПК-13): материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2013. С. 3-7.
3. Джаббаров Н. И., Сергеев А. В., Семенова Г. А. Математическая модель для прогнозирования допустимых скоростей перемещения динамического почвообрабатывающего рабочего органа // Теоретический и научно-практический журнал «АгроЭкоИнженерия». 2020. № 3 (104). С. 58-65.
4. Джаббаров Н. И., Добринов А. В. Обоснование конструктивных параметров рабочего органа для рыхления почвы и уничтожения сорных растений в органическом земледелии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 1 (72). С. 23–33.
5. 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). С. 465-480.
6. Дьяков В. П. О результатах исследований деформирования почвы рабочими органами машин и орудиями технологических комплексов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 8. С. 42-46.
7. Казаков В. И., Казаков И. В. Исследование процесса резания корней семян при подрезке и выкопке // Лесотехнический журнал. 2014. № 2. С. 216-219.
8. Николаев В. А. Расчёт затрат энергии на резание грунта горизонтальным лезвием путём анализа процесса // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. № 2. С. 243-250.
9. Николаев В. А. Анализ взаимодействия поверхности консольного ножа с грунтом // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17. № 3 (73). С. 340-350.
10. Николаев В. А. Анализ взаимодействия кромки консольного ножа с грунтом // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17. № 2 (72). С. 172-181.
11. 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.

12. Обзор машин для обработки пропашных культур и их усовершенствование для экологического земледелия / А. И. Филиппов, А. А. Аутко, В. П. Чеботарев, К. Л. Пузевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 160-167.

13. Оценка вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата с динамичными рабочими органами / Н. И. Джаббаров, В. А. Эвиев, А. В. Сергеев, Г. А. Семенова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2019. № 2 (54). С. 275-284.

14. Папка О. С. Агроэкологическая оценка эффективности систем обработки почвы как метода контроля ваточника сирийского (*asclepias syriaca* l.) // Acta Biologica Sibirica. 2015. Т. 1. № 3-4. С. 244-257.

15. Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Манохина А. А. Эффективная борьба с сорняками в органическом земледелии // Научные инновации - аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ. 2018. С. 402-411.

16. Тухтакузиев А., Имомкулов К.Б. Воздействие рабочих органов на почву в условиях свободного резания // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 3. С. 35-37.

17. Фетюхин И. В., Черненко И. Е., Игнатов С. А. Эффективность механического и химического методов борьбы с сорняками в посевах подсолнечника // Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии. 2018. С. 197-204.

18. Шовкоплас А. В., Ищенко М. П. Теоретическое обоснование формы режущей поверхности дискового рабочего органа для обработки почвы // Инновационное развитие: Потенциал науки и современного образования: сборник статей Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. Ч. 1. С. 142-146.

19. Эльмесов А. М., Шибзухов З. С. Регулирование сорного компонента агрофитоценоза в земледелии // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II международная научно-практическая интернет-конференция. Прикаспийский НИИ аридного земледелия, 2017. С. 822-825.

20. Regularities of deformation of the bending of elastic elements and the parameters of vibrations of a dynamic tillage operating part / N. Dzhabborov, A. Sergeev, A. Zakharov, A. Perekopskiy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE).

Информация об авторах

Джаббаров Нозим Исмоилович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, (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: nozimjon59@mail.ru.

Добринов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве (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.

Эвиев Валерий Андреевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой агроинженерии, декан инженерно-технологического факультета Калмыцкого государственного университета имени Б.Б. Городовикова. (РФ, 358000, г. Элиста, ул. Пушкина, 11). E-mail: aviev@yandex.ru.

Чугунов Сергей Валерьевич, научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве (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.

Фомин Сергей Денисович, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

COMPARISON OF CALCULATED AND EXPERIMENTAL RESULTS OF STRENGTH TESTS OF CONCRETE BEAMS WITH COMPOSITE REINFORCEMENT FOR HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTION

S. Ya. Semenenko, S. S. Marchenko, A. E. Novikov

*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute
of Irrigated Agriculture»*

Received 30.09.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

In modern hydraulic engineering construction, the use of non-metallic composite reinforcement is justified and contributes to reducing the cost of facilities while maintaining the quality of work. At the same time, it is important to have reasonable confidence as to whether the materials available on the market are suitable for the construction of structures.

Abstract

Relevance. The results of experimental studies on bending tests for normal cross-section of medium-strength concrete samples in the form of square-section beams with reinforcement with composite reinforcement of ordinary quality are presented. For experiments, samples were made of fine-grained concrete in compliance with the requirements of standards, reinforcement was performed in the form of two reinforcing rods located in the stretched zone of the beam. The load is short-term, evenly distributed. During the tests, the deflection in the middle of the span was determined and discrete ultrasonic sounding was performed to determine the moment of the beginning of cracking. For the accepted characteristics of the samples, the values of the bend were calculated in accordance with generally accepted methods. The results of comparison of experimental and calculated data are presented. **Relevance.** The use of non-metallic composite reinforcement in hydraulic engineering construction, taking into account such factors as the development of the chemical industry of carbon fiber composites in the paradigm of import substitution and the constant rise in the cost of rolled steel, is an important factor in reducing the cost of construction and installation work and the production of concrete construction parts and elements of prefabricated structures. Thus, research aimed at replacing expensive steel with cheaper analogues while maintaining the quality of construction is of practical interest. **An object.** The object of the study is concrete samples-beams with composite rod reinforcement. **Goal.** To test the hypothesis about the applicability of generally accepted calculation methods in the design of concrete elements of hydraulic structures with composite reinforcement of ordinary quality. **Materials and methods.** The work used a general scientific methodology with methods of empirical (experiment, observation, description, comparison, measurement) and theoretical (analysis and synthesis) levels, as well as relevant standards and codes of rules. **Results and conclusions.** Experimental studies have been carried out to determine the deflection value of sample beams with composite reinforcement of ordinary quality loaded with a uniformly distributed load with crack formation control by ultrasound sounding. The results of the experiment were compared with the deflection values calculated by standard methods, and it was found that the difference between the experimental and calculated values is within acceptable limits. The experiment shows that the hypothesis put forward is fully confirmed, and composite reinforcement of ordinary quality in finished products has characteristics that ensure their applicability in the calculations of structural elements of concrete hydraulic structures with reinforcement with non-metallic composite reinforcement.

Keywords: concrete beam, maximum bending, non-metallic composite reinforcement, calculation of beams.

Citation. Semenenko S. Ya., Marchenko S. S., Novikov A. E. Comparison of calculated and experimental results of strength tests of concrete beams with composite reinforcement for hydraulic engineering construction. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 434-440 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-51.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the collection and preparation of the material, calculations and analysis of the results 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 626:691.328

**СРАВНЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ПРОЧНОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ БЕТОННЫХ БАЛОК
С КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА****С. Я. Семененко**, доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник**С. С. Марченко**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник**А. Е. Новиков**, доктор технических наук, член-корреспондент РАН*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский
научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Аннотация. Представлены результаты проведения экспериментальных исследований по испытанию на изгиб по нормальному сечению образцов из бетона средней прочности в виде балок квадратного сечения с армированием композитной арматурой рядового качества. Для экспериментов изготавливались образцы из мелкозернистого бетона с соблюдением требований стандартов, армирование выполнялось в виде одного арматурного стержня, расположенного в растянутой зоне балки. Нагрузка кратковременная, равномерно распределенная. При проведении испытаний определялся прогиб в середине пролета и производилось дискретное ультразвуковое прозвучивание для определения момента начала трещинообразования. Для принятых характеристик образцов производился расчет значений прогиба в соответствии с общепринятыми методиками. Представлены результаты сравнения экспериментальных и расчетных данных. **Актуальность.** Применение неметаллической композитной арматуры при гидротехническом строительстве с учетом таких факторов, как развитие химической промышленности углепластиковых композитов в парадигме импортозамещения и постоянное удорожание стального проката представляется важным фактором снижения себестоимости строительно-монтажных работ и производства бетонных строительных деталей и элементов сборных конструкций. Таким образом, исследования, направленные на замену дорогостоящей стали на более дешевые аналоги с сохранением качества строительства, представляют практический интерес. **Объект.** Объектом исследования являются бетонные образцы-балки с композитным стержневым армированием. **Цель.** Проверить гипотезу о применимости общепринятых методик расчета при конструировании бетонных элементов гидротехнических сооружений с композитной арматурой рядового качества. **Материалы и методы.** В исследовании применялись такие методы научного познания, как анализ и синтез различных уровней, а также стандартные общепринятые методы расчета и испытаний бетонных конструктивных элементов. **Результаты и выводы.** Проведены экспериментальные исследования по определению величины прогиба балок-образцов с композитной арматурой рядового качества, нагруженных равномерно-распределенной нагрузкой с контролем трещинообразования ультразвуковым прозвучиванием. Результаты эксперимента сравнивались со значениями прогиба, вычисленными по стандартным методикам, и было выявлено, что разница между экспериментальными и вычисленными значениями находится в допустимых пределах. Проведенный эксперимент показывает, что выдвинутая гипотеза полностью подтверждается и композитная арматура рядового качества в готовых изделиях обладает характеристиками, обеспечивающими их применимость при расчетах элементов конструкций бетонных гидротехнических конструкций с армированием неметаллической композитной арматурой.

Ключевые слова: бетонные балки, максимальный прогиб балок, неметаллическая композитная арматура, расчет балок.

Цитирование. Семененко С. Я., Марченко С. С., Новиков А. Е. Сравнение расчетных характеристик и экспериментальных результатов испытаний бетонных балок с композитной арматурой на прогиб. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 434-440. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-51.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в сборе и подготовке материала, проведении расчетов и анализе результатов данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Как правило, одним из факторов, обеспечивающим промышленный рост, является применение в строительстве наиболее совершенных инновационных конструкционных материалов, как это было, например, в СССР, когда в период расцвета в гигантских масштабах применялся самый технологичный и совершенный на тот момент композитный конструкционный материал – железобетон. Современные рыночные отношения во главу угла ставят получение прибыли, а как известно, увеличить этот наиважнейший показатель можно, сократив затраты. Поэтому с развитием технологий полимеров, замена стальной арматуры, которая вносит большой вклад в формирование себестоимости железобетонных конструкций, на более дешёвые композитные неметаллические аналоги, является лишь вопросом времени [9].

Если говорить о промышленных объемах использования бетонных композитов в несущих конструкциях, то невозможно избежать целого ряда проблем. Камнем преткновения является равнозначная замена в используемых при строительном производстве деталей и конструкций из бетонных композитов стали на полимерную арматуру.

Положительные стороны использования композитных материалов являются объектом исследования достаточно большого количества ученых, в научных работах [4, 6, 17] которых приводятся весомые доказательства замены стальной арматуры на композитную неметаллическую.

Анализ публикаций, посвященных исследованию свойств бетонных композитов на основе композитной арматуры, позволяет сделать вывод о том, что потенциал бетонных композитов на основе композитной арматуры не раскрыт. Если сравнить свойства стальной и композитной арматуры, то видно, что по ряду свойств композитная арматура выигрывает у стальной [17]. Вместе с тем, все исследователи единодушны в том, что по наиважнейшим прочностным и некоторым другим характеристикам на текущем уровне технологии композитная арматура не подходит для промышленного строительства ответственных объектов инфраструктуры.

Технология производства композитной арматуры подразумевает, что неметаллические арматурные стержни получают путем формования их из базальтовых, углеродных, стеклянных или арамидных волокон с последующей пропиткой полимером, который при обработке термическим или другим способом приобретает нужные прочностные свойства и берет на себя роль связующего.

Различия в физико-механических свойствах стальной и композитной арматуры и влияние этих различий на прочностные и эксплуатационные характеристики бетонно-композитных изделий являются предметом исследования широкого круга опубликованных научных работ [6, 13, 14, 16].

Исходя из вышесказанного, экспериментальные научные исследования прочностных свойств бетонных композитов в элементах конструкций актуальны для развития технологий строительных конструкционных материалов, применяемых в гидромелиоративном строительстве, и представляют научный и практический интерес [9].

Целью исследования является проверка гипотезы о применимости общепринятых методик расчета при конструировании бетонных элементов гидротехнических сооружений с композитной арматурой рядового качества.

Материалы и методы. В исследовании применялись такие методы научного познания, как анализ и синтез различных уровней, а также стандартные общепринятые методы расчета и испытаний бетонных конструктивных элементов.

При экспериментальных исследованиях свойств бетонных композитов следует учитывать то, что фактически бетон является однородной структурой лишь тогда, когда конструкция обладает значительными размерами, на несколько порядков превосходящими отдельные частицы бетонного камня [1-3]. Во всех остальных случаях для получения достоверных результатов следует статистически обосновывать количество отдельных измерений [5, 15].

Согласно ГОСТ 18105-2018 при использовании схемы В, следует производить измерения для определения характеристик однородности прочности бетона не менее чем на 20 участках. В данном исследовании понятия «участок измерения» и «отдельное испытываемое изделие» совпадают, поэтому образцы для испытаний были изготовлены в количестве 20 штук, размеры каждого образца для лабораторных экспериментов 1000 x 70 x 70 мм. Одновременно для контроля класса бетона по прочности на сжатие были изготовлены образцы-кубы с длиной ребра 100 мм.

Для армирования была выбрана стеклокомпозитная арматура рядового качества диаметром 8 мм, сведений о ее прочностных характеристиках производитель не предоставляет, просто ссылаясь на соответствующие своды правил, поэтому данные значений предела прочности и модуля упругости при растяжении были приняты на основании нормативной литературы (СП 295.1325800.2017 [12]).

Схема армирования представлена на рисунке 1.

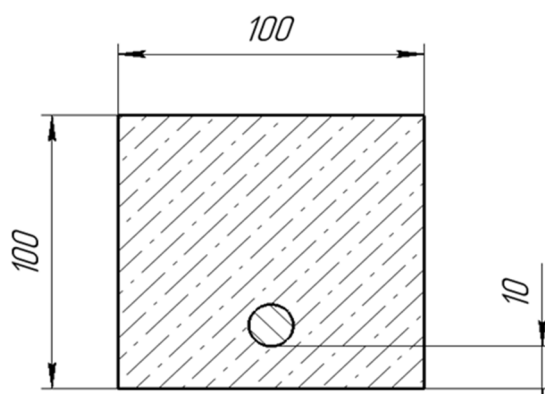


Рисунок 1 – Схема армирования образцов

Figure 3 – Scheme of reinforcement of concrete samples

Подбор состава бетонной смеси и изготовление образцов осуществлялось с соблюдением требований соответствующих норм.

Бетонные образцы размерами 1000 x 70 x 70 мм нагружались ступенчато кратковременной равномерно распределенной нагрузкой. Интенсивность нагрузки на каждой ступени – 0,42 кН/м. Ультразвуковой метод исследования бетонных и железобетонных конструкций давно зарекомендовал себя в качестве одного из основных [7, 8, 10], и в данной работе после каждой ступени нагружения осуществлялся ультразвуковой контроль растянутой зоны с использованием ультразвукового дефектоскопа, определялась величина вертикального прогиба в середине пролета в зоне действия максимального изгибающего момента. Прогиб определялся многооборотным индикатором часового типа для измерения линейных размеров абсолютным методом. Точность измерения линейных отклонений с использованием данного прибора составляет 0,01 мм.

После разгрузки контролировалась величина остаточной деформации.

Фактическая прочность бетона в образцах, определенная в соответствии с нормами, соответствует классу В25.

Схема опирания и нагружения балки при ее испытании приведена на рисунке 2.

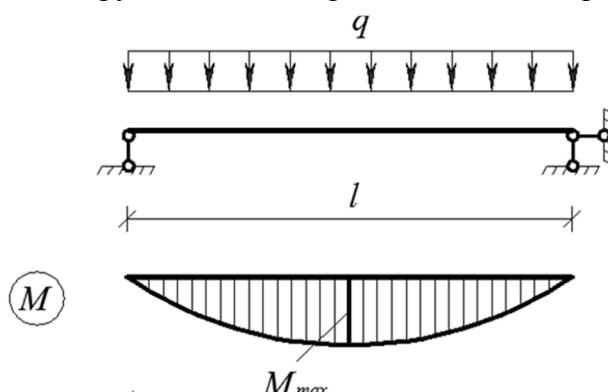


Рисунок 2 – Расчётная схема, эпюры изгибающих моментов:
q – равномерно распределенная нагрузка; l – расчетная длина образца;
 $M_{\max}$ – максимальный изгибающий момент

Figure 3- Calculation scheme, diagrams of bending moments:
q – evenly distributed load; l – calculated length of the sample; $M_{\max}$ – maximum bending moment

Результаты и обсуждение. В процессе испытаний образцов балок с параметрами, представленными в таблице 1, в соответствии с требованиями норм (СП 63.13330.2018 [11]) и (СП 295.1325800.2017 [12]), были получены следующие результаты (таблица 2).

Таблица 1 – Параметры испытаний образцов-балок на прогиб

Table 1 – Parameters of bending test samples-beams

Наименование параметра / Name of parameter	Ед. изм. / ed. ed.	Значение параметра / Parameter value
Значение шаговой равномерно распределенной нагрузки/ The value of the step uniformly distributed load	кН / кN	0,42
Модуль упругости бетона E_b / Elastic modulus of concrete	МПа / MPa	$24 \cdot 10^3$
Расчетные сопротивления бетона на сжатие для предельных состояний II группы $R_{b,ser}$ / Calculated compressive resistances of concrete for limit states of group II	МПа / MPa	11,0
Расчетные сопротивления бетона на растяжение для предельных состояний II группы $R_{bt,ser}$ / Calculated tensile resistances of concrete for limit states of group II	МПа / MPa	1,10
Модуль упругости арматуры на растяжение E_s / The elastic modulus of the reinforcement in tension	МПа / MPa	$5,0 \cdot 10^4$
Площадь арматуры A_s / Rebar area	см ² / cm ²	0,5027

При обсуждении результатов, полученных при проведении испытаний, следует отметить, что измеряемая скорость ультразвуковых колебаний равномерно снижалась в среднем от 4015 м/с до 2169 м/с, хотя, согласно наблюдениям, при образовании трещин наблюдается скачкообразное изменение скорости распространения ультразвуковых колебаний из-за возникновения на пути звуковых волн множества фазовых переходов в поверхностном слое образца. В данных экспериментах наблюдаемый эффект объясняется тем, что трещинообразование начинается уже на первом шаге нагружения.

Данный факт подтверждается сравнением значения максимального момента, вычисленного на первом шаге нагружения и значения критического изгибающего момента, воспринимаемого нормальным сечением элемента при образовании трещин, равного при параметрах нагружения и испытаний 0,0231 кН/м.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов-балок

Table 2 – Test results of beam samples

№ шага нагружения / Loading step No.	Значение максимального момента в наиболее нагруженном сечении, кН / The value of the maximum moment in the most loaded section, kN	Среднее измеренное значение прогиба, мм / Average measured bending value, mm	Вычисленное значение прогиба, мм / Calculated bending value, mm	Относительная ошибка, % / Relative error, %
1	0,0425	0,035	0,042	-20,00
2	0,0850	0,075	0,084	-12,00
3	0,1276	0,115	0,126	-09,57
4	0,1701	0,160	0,169	-05,60
5	0,2126	0,225	0,211	+06,20
6	0,2552	0,255	0,253	+00,78

Относительная ошибка между вычисленными значениями стрелы прогиба с каждым шагом нагружения уменьшается, что является следствием того, что на начальных шагах нагружения деформации слишком малы, чтобы адекватно измеряться используемым индикатором. Как видно по результатам, когда значения прогиба увеличиваются, относительная ошибка уменьшается и значения, полученные в результате расчета и натурных испытаний, практически совпадают.

Выводы. Проведенные эксперименты показывают относительно небольшую разницу между вычисленными значениями деформации бетонных образцов-балок и результатами испытаний образцов, армированных неметаллической композитной арматурой рядового качества, что подтверждает выдвинутую гипотезу. Таким образом, можно сделать вывод, что неметаллическая композитная арматура подходит для конструирования бетонных элементов конструкций гидротехнического назначения, обеспечивает надежность и предсказуемость эксплуатационного поведения гидротехнических сооружений. Также можно заключить, что относительно низкая стоимость неметаллической композитной арматуры приводит к существенному удешевлению гидротехнического строительства, что немаловажно в связи со сложной экономической ситуацией.

Библиографический список

1. Барсуков В. Г., Волик А. Р., Марук А. А. Влияние арматуры из композитных материалов на положение нейтрального слоя при изгибе несимметрично армированных бетонных балок // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. 2019. Т. 9. № 1. С. 117-125.
2. Бегунова Н. В., Возмищев В. Н. Сравнительная оценка прочности, жесткости и трещиностойкости бетонных конструкций, армированных полимеркомпозитной и стальной арматурами // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т. 15. № 4. С. 69-74.
3. Безгоднов И. М., Пахратдинов А. А., Ткач Е. В. Физико-механические характеристики бетона на щебне из дробленого бетона // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 24-34.
4. Беккер А. Т., Уманский А. М. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 2. С. 7.
5. Борисова Т. А., Зиннуров Т. А., Ку克林 А. Н. Исследование влияния температурного воздействия на работу стеклопластиковой арматуры в бетонных конструкциях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 2 (44). С. 136-144.
6. Перспективы применения композитной арматуры в морском гидротехническом строительстве / А. В. Завгороднев, А. М. Уманский, А. Т. Беккер, Е. К. Борисов // Горный информационный бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 54-9. С. 137-148.
7. Семененко С. Я., Арьков Д. П., Марченко С. С. Проверка и практическое внедрение метода диагностики марки по водонепроницаемости бетонных конструкций мелиоративных сооружений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 254-262.

8. Семененко С. Я., Марченко С. С., Арьков Д. П. Апробация метода диагностики марки по водонепроницаемости бетонных конструкций мелиоративных сооружений // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2018. № 9. С. 51-57.
9. Семененко С. Я., Марченко С. С., Арьков Д. П. Конструирование канальных плит с применением композитной арматуры // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 378-390.
10. Семененко С. Я., Марченко С. С., Арьков Д. П. Тарировочная зависимость при ультразвуковом контроле коэффициента фильтрации бетона // Аграрный научный журнал. 2018. № 10. С. 62-66.
11. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : утвержден Приказом Минстроя Российской Федерации 19.12.2018 № 832/ПР : введен 19.03.2019. – Москва : ФГУП ЦПП, 2018. – 126 с.
12. СП 295.1325800.2017 Свод правил. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования: утвержден Приказом Минстроя Российской Федерации 11.07.2017 № 988/ПР : введен 01.12.2018. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 42 с.
13. Углепластики: технология получения и определение механических характеристик / В. Н. Манхиров, А. В. Номоев, В. В. Сызранцев, О. Ж. Аюрова // Вестник БГУ. Химия. Физика. 2019. № 2-3. С. 12-19.
14. Эксплуатационные характеристики полимерной композитной арматуры / В. А. Селезнев, В. А. Какуша, В. А. Ушков, Н. А. Чуков, И. А. Горбунов // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 1. С. 42-50.
15. Chiadighikaobi P. C., Jean P. V., Sserunjoji N. Performance evaluation of basalt fiber on the deflection strength of expanded clay concrete beam // Экономика строительства. 2020. № 6 (66). Р. 66-79.
16. Karbhari V. M., Chin J. W., Dunston D. Durability Gap Analysis for Fiber-Reinforced Polymer Composites in Civil Infrastructure // Journal of Composites for Construction. 2018. Р. 238-247.
17. Wang N., Evans J. T. Collapse of Continuous Fiber Composite Beams at Elevated Temperatures // Journal of Composites. 2017. № 37 (1). Р. 56-61.

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ). E-mail: sergeysemenenko@list.ru, телефон 8(961)-068-52-07.

Марченко Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ). E-mail: marchenkoservey@mail.ru, телефон: 8(909)377-95-99

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ), доктор технических наук, член-корреспондент РАН, e-mail: vniiioz@yandex.ru, телефон 8(8442)60-24-39.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-52

MIXTURES COMPRESSIBILITY OF DIESEL FUEL WITH PALM OIL

E. A. Fedyanov¹, E. A. Salykin¹, A. V. Kurapin¹, E. Ch. Kadiata²

¹*Volgograd state technical university, Volgograd*

²*Higher institute of applied techniques, Congo, Democratic of republic, Kinshasa*

Received 04.10.2022

Submitted 01.12.2022

Summary

The article presents the results of experimental studies of compressibility of mixed fuels for diesel engines consisting of diesel fuel and palm oil. Formulas were obtained approximating the experimentally found dependences of compressibility on pressure and the proportion of palm oil in the mixed fuel. The results of the research can be used in modeling the fuel supply process of diesel engines running on mixtures of diesel fuel and palm oil.

Abstract

Introduction. The use of alternative fuels of plant origin is an effective way to solve the problem of reducing emissions of harmful substances in internal combustion engines and depletion of reserves of fuels of petroleum origin. One of the most common types of fuels of vegetable origin are vegetable oils. For African countries, the most relevant is the use of palm oil. **An object.** The object of research is the compressibility of palm oil and its mixtures with diesel fuel. **Materials and methods.** The research was carried out in the laboratory of the Department of Heat Engineering and Hydraulics of the Volgograd State Technical University using samples of palm oil brought from the Democratic Republic of the Congo. To determine the compressibility, a method based on measuring the speed of sound in the fuel located in the injection pipeline was used. **Results and conclusion.** It is shown that with increasing pressure and the proportion of palm oil in the mixed fuel, its compressibility decreases. With an increase in the initial pressure from 40 to 270 bar in diesel fuel, the true compressibility coefficient decreases on average from $9.924 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$ to $7.966 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$, or by 19.73%. In pure palm oil at the same pressures, the true compressibility coefficient decreases on average from $6.296 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$ to $5.593 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$, or by 11.17%. At an initial pressure of 40 bar, the true compressibility in diesel fuel and palm oil differ by an average of 36.56%. At an initial pressure of 270 bar, this value differ by 29.79%. To account for these differences in the compressibility of fuels based on palm oil and diesel fuel mixtures when calculating fuel supply processes in diesel engines running on these mixtures, an approximating equation is proposed to determine the true compressibility coefficient based on second-degree polynomials.

Key words: diesel engine, diesel fuel, palm oil, mixed biofuel, fuel injection, fuel supply, compressibility.

Citation. Fedyanov E. A., Salykin E. A., Kurapin A. V., Kadiata E. Ch. Mixtures compressibility of diesel fuel with palm oil. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 440-450 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-52.

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 665.75+665.353.3

СЖИМАЕМОСТЬ СМЕСЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПАЛЬМОВЫМ МАСЛОМ

Е. А. Федянов¹, доктор технических наук, профессор
Е. А. Салыкин¹, кандидат технических наук, доцент
А. В. Курапин¹, кандидат технических наук, доцент
Э. Ч. Кадията², кандидат технических наук

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

²Высший институт прикладных технологий, Демократическая Республика Конго,
г. Киниаса

Дата поступления в редакцию 04.10.2022

Дата принятия к печати 01.12.2022

Актуальность. Использование альтернативных топлив растительного происхождения является действенным способом решения проблемы уменьшения выбросов вредных веществ в двигателях внутреннего сгорания и истощения запасов топлив нефтяного происхождения. Одним из наиболее распространенных видов топлив растительного происхождения являются растительные масла. Для стран Африки наиболее актуальным является использование пальмового масла. **Объект.** Объектом исследования является сжимаемость пальмового масла и его смесей с дизельным топливом. **Материалы и методы.** Исследования проводились в лаборатории кафедры «Теплотехника и гидравлика» Волгоградского государственного технического университета с использованием образцов пальмового масла, привезенного из Демократической Рес-

публики Конго. Для определения сжимаемости использован метод, основанный на измерении скорости звука в топливе, находящемся в нагнетательном трубопроводе. **Результаты и выводы.** Показано, что с увеличением давления и доли пальмового масла в смесевом топливе его сжимаемость уменьшается. При увеличении начального давления с 40 до 270 бар в дизельном топливе истинный коэффициент сжимаемости в среднем уменьшается с $9,924 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ до $7,966 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, или на 19,73 %. В чистом пальмовом масле при тех же давлениях истинный коэффициент сжимаемости в среднем снижается с $6,296 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ до $5,593 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, или на 11,17 %. При начальном давлении 40 бар истинные коэффициенты сжимаемости в дизельном топливе и пальмовом масле в среднем различаются на 36,56 %. При начальном давлении 270 бар эти величины различаются на 29,79 %. Для учета указанных различий сжимаемости топлив на основе смесей пальмового масла и дизельного топлива при расчетах процессов топливоподачи в дизелях, работающих на указанных смесях, предложено аппроксимирующее уравнение для определения истинного коэффициента сжимаемости на основе полиномов второй степени.

Ключевые слова: дизельные двигатели, дизельное топливо, пальмовое масло, смесевое биотопливо, впрыскивание топлива, топливоподача, сжимаемость топливных смесей.

Цитирование. Федянов Е. А., Салыкин Е. А., Курапин А. В., Кадията Э. Ч. Сжимаемость смесей дизельного топлива с пальмовым маслом. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 440-450. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-52.

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 во многих странах мира наблюдается тенденция расширения топливной базы для дизельных двигателей внутреннего сгорания за счет применения альтернативных топлив растительного происхождения. В большинстве своем такие альтернативные топлива – это различные виды растительных масел, которые по своим теплофизическим свойствам отличаются от дизельных топлив, вырабатываемых из нефти. Они имеют бóльшую плотность и вязкость, мёньшую теплоту сгорания. Для их полного сжигания требуется подавать меньше воздуха, так как они содержат в своем составе некоторое количество кислорода. В связи с указанными отличиями в теплофизических свойствах растительные масла используют, в первую очередь, как добавки к обычному дизельному топливу. Это позволяет применять существующую топливную аппаратуру дизельных двигателей с относительно небольшим изменением ее регулировок.

Важным свойством топлива для дизельных двигателей, влияющим на протекание процесса его впрыскивания, является сжимаемость. Сжимаемость влияет на величину цикловой подачи и в разделенных системах топливоподачи определяет задержку впрыскивания топлива относительно начала хода плунжера топливного насоса.

Для некоторых африканских стран, например для ДР Конго, перспективным видом альтернативного топлива, которое можно использовать в смесях с дизельным, является пальмовое масло. При этом особый интерес представляет возможность использования добавок пальмового масла непосредственно его производителями для питания дизельных двигателей сельскохозяйственных машин. По общемировому объему производства пальмовое масло занимает первое место среди всех растительных масел [3, 4, 6].

Пальмовое масло хорошо смешивается с дизельным топливом и остается в составе таких смесей в жидкой фазе даже при температурах, которые ниже температуры застывания чистого пальмового масла [1, 9, 11, 12]. По сравнению с нефтяным дизельным топливом пальмовое масло более вязкое и имеет бóльшую плотность [2, 8]. Оно содержит

8...12 % кислорода. Низшая теплота сгорания пальмового масла составляет 37,1 МДж/кг против 42...43 МДж/кг у дизельных топлив. Согласно имеющимся экспериментальным данным [7] сжимаемость пальмового масла меньше, чем у дизельного топлива.

При переводе выбранного типа дизельного двигателя на питание смесевым топливом целесообразно выполнить предварительное моделирование его рабочего процесса с целью оценки показателей при работе на таком топливе и определения необходимого изменения регулировок топливной аппаратуры. Для правильного описания в математической модели процесса топливоподачи необходимы надежные данные о сжимаемости смесевых топлив. Ниже приведены результаты проведенных в Волгоградском государственном техническом университете экспериментов по определению сжимаемости смесей дизельного топлива с пальмовым маслом.

Материалы и методы. Сжимаемость определяли по методике проф. И. В. Астахова (Астахов, И. В. Сжимаемость моторных топлив // Энергомашиностроение, 1960. № 9. С. 8–11), основанной на измерении скорости распространения в топливе импульса давления, то есть на измерении скорости распространения в нем звуковой волны. Схема созданной для этой цели лабораторной установки приведена на рисунке 1. К ручному одноплунжерному насосу высокого давления присоединен нагнетательный трубопровод с форсункой ФД-22. В начале и конце измерительного участка длиной $L = 1,4$ м нагнетательного трубопровода установлены датчики давления модели ПД-Р производства компании BD (Индия) со следующими техническими характеристиками: диапазон измерения: 0...60 МПа; погрешность: 0,5 % от предела измерений; выходной сигнал: 4...20 μ A; питание: DC 10...30 V; температура измеряемой среды: от -40 °C до $+150$ °C. Для регистрации и записи сигналов датчиков использованы аналогово-цифровой преобразователь Z230 производства компании Zetlab, работающий в двухканальном режиме, с программным обеспечением Powergraph.

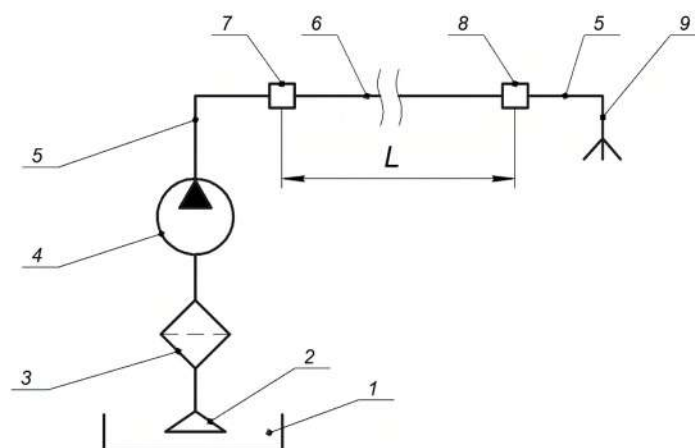


Рисунок 1 – Гидравлическая схема экспериментальной установки

1 – емкость с топливом; 2 – топливозаборник; 3 – фильтр; 4 – нагнетательная секция топливного насоса высокого давления; 5 – соединительные трубопроводы; 6 – нагнетательный трубопровод; 7 – входной датчик давления; 8 – выходной датчик давления; 9 – форсунка

Figure 1 – Hydraulic scheme of the experimental installation

1 – fuel tank; 2 – fuel intake; 3 – filter; 4 – injection section of the high-pressure fuel pump; 5 – connecting pipelines; 6 – injection pipeline; 7 – inlet pressure sensor; 8 – outlet pressure sensor; 9 – nozzle

Измерение скорости распространения волны давления выполнялось следующим образом. Пружина иглы форсунки ФД-22 регулировалась на одно из следующих значений давлений p_f начала впрыскивания: 100, 200, 300, 400 бар. С помощью насоса стенда

в нагнетательном трубопроводе создавалось начальное давление, равное 0,9 от давления, на которое отрегулирована форсунка. После этого производился впрыск топлива через форсунку. Импульсы давления в трубопроводе, возникавшие в этот момент в трубопроводе, регистрировались с помощью датчиков и записывались в памяти компьютера. Для каждого установленного регулировкой форсунки давления впрыскивания проводилось не менее трех серий опытов по 25 впрыскиваний в каждой. Пример записи сигналов датчиков давления, установленных на нагнетательном трубопроводе, показан на рисунке 2.

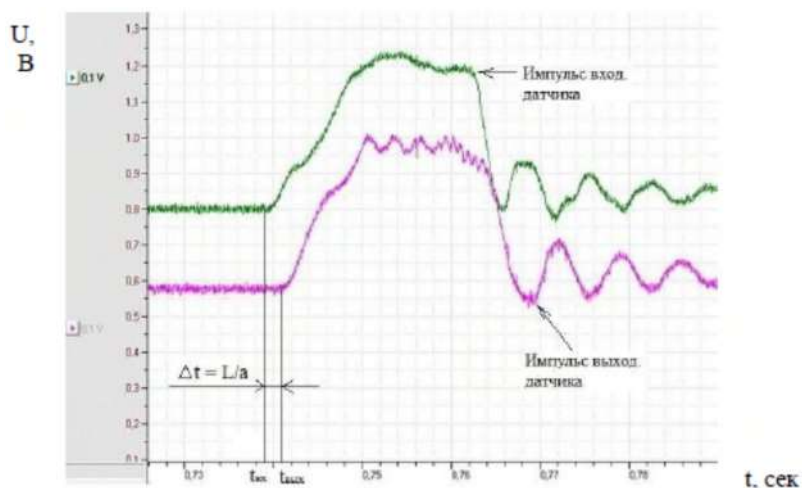


Рисунок 2 – Осциллограмма распространения импульса давления в трубопроводе

Figure 2 – Oscillogram of pressure pulse propagation in the pipeline

Скорость a распространения волны давления находили как отношение длины L мерного участка нагнетательного трубопровода и временному интервалу Δt между передними фронтами импульсов:

$$a = \frac{L}{\Delta \tau}. \quad (1)$$

Все опыты были проведены при температуре окружающей среды $t_0 = 22 \dots 24 \text{ } ^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении $p_0 = 102 \text{ кПа}$. Во время опытов температура перед топливным насосом всех испытанных топлив и топливных смесей поддерживалась равной $50 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Опыты были проведены для дизельного топлива марки ДЛ, пальмового масла и смесей дизельного топлива с пальмовым маслом. Содержание пальмового масла в смесях составляло 10, 20, 30, 40, 50, 60 % по объему. Смесей дизельного топлива ДЛ с пальмовым маслом приготавливались в соответствии с рекомендациями, изложенными в ГОСТ Р 52808-2007 (ГОСТ Р 52808-2007. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения. Введ. с 27.12.2007. Москва: Стандартинформ, 2008. 9 с.). Для исключения стратификации полученных смесей пальмовое масло перед смешением нагревали до $60 \dots 70 \text{ } ^\circ\text{C}$, приближая его вязкость к вязкости дизельного топлива. Длительность собственно перемешивания составляла 30 минут.

Значения истинного коэффициента сжимаемости β в Па^{-1} , находили по формуле:

$$\beta = -\frac{1 + p_n k}{2 p_n} + \sqrt{\left(\frac{1 + p_n k}{2 p_n}\right)^2 + \frac{1}{a^2 \rho_0 p_n} - \frac{k}{p_n}}, \quad (2)$$

где ρ_0 – плотность топлива при нормальных условиях, кг/м^3 ; p_n – заданное начальное давление, Па; k – поправка Ротрока, учитывающая деформацию трубопровода.

Поправку Ротрока вычисляли как:

$$k = \frac{2}{E} \left(\frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} + \mu \right), \quad (3)$$

где E – модуль упругости материала, из которого изготовлен трубопровод, МПа; R и r – внешний и внутренний радиусы трубопровода, м; μ – коэффициент Пуассона.

Результаты и обсуждение. На рисунках 3а и 3б представлены полученные в результате проведенных опытов зависимости скорости распространения импульса давления a и коэффициента сжимаемости β от начального давления p_n для дизельного топлива, пальмового масла и различных по составу смесей этих топлив. Разброс значений коэффициента сжимаемости, оцениваемый коэффициентом вариации, в сериях повторных опытов не превышал 4,5 %.

Зависимость коэффициента сжимаемости от давления, найденная для дизельного топлива без добавок пальмового масла, была сопоставлена с аналогичными зависимостями, полученными другими исследователями [5, 10]. Как видно на рисунке 4, найденная нами зависимость $\beta = f(p_n)$ хорошо совпадает с аналогичной зависимостью, полученной Л. В. Греховым (Грехов Л. В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей: учеб. пособие / Л. В. Грехов, И. И. Габитов, А. В. Неговора. М.: Изд-во Легион-автодата, 2013. 292 с.) для дизельного топлива при температуре 20 °С.

Полученные экспериментально зависимости величины истинного коэффициента сжимаемости от давления для чистого дизельного топлива, смесевых топлив с различным содержанием в них пальмового масла и чистого пальмового масла были аппроксимированы полиномами второй степени вида:

$$\beta = a_0 + a_1 p_n + a_2 p_n^2. \quad (4)$$

В таблице приведены полученные в результате аппроксимации значения коэффициентов полиномов для смесевых топлив различного состава.

Таблица – Коэффициенты аппроксимирующих полиномов

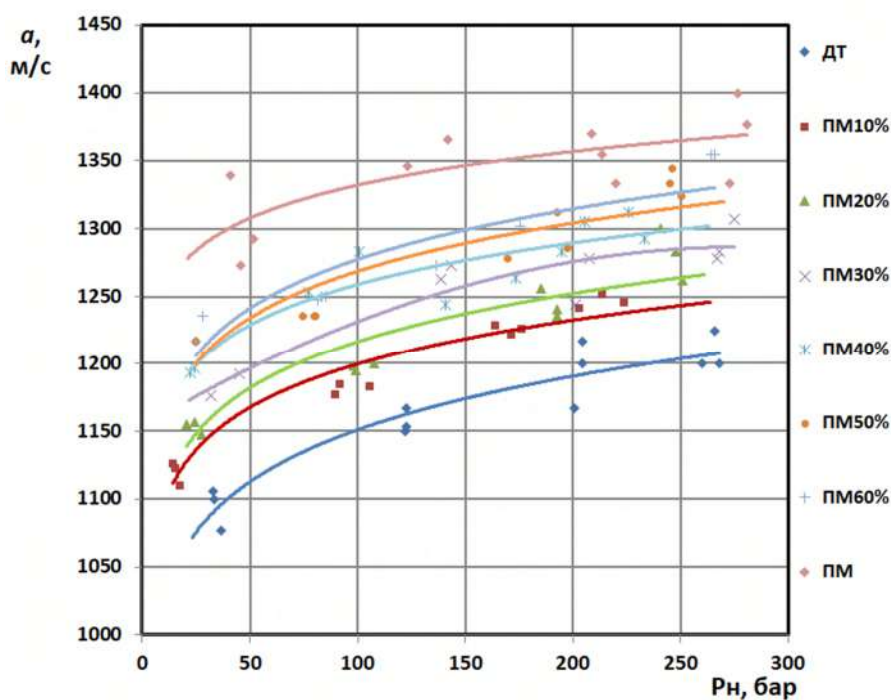
Table – Coefficients of approximating polynomials

Состав смесового топлива	Значения коэффициентов		
	a_0	a_1	a_2
100% ДЛ	$1,097 \cdot 10^{-9}$	$-2,371 \cdot 10^{-12}$	$4,618 \cdot 10^{-15}$
90% ДЛ + 10% ПМ	$9,658 \cdot 10^{-10}$	$-1,770 \cdot 10^{-12}$	$3,448 \cdot 10^{-15}$
80% ДЛ + 20% ПМ	$9,344 \cdot 10^{-10}$	$-1,774 \cdot 10^{-12}$	$3,455 \cdot 10^{-15}$
70% ДЛ + 30% ПМ	$9,003 \cdot 10^{-10}$	$-1,726 \cdot 10^{-12}$	$3,361 \cdot 10^{-15}$
60% ДЛ + 40% ПМ	$8,593 \cdot 10^{-10}$	$-1,551 \cdot 10^{-12}$	$2,971 \cdot 10^{-15}$
50% ДЛ + 50% ПМ	$8,264 \cdot 10^{-10}$	$-1,495 \cdot 10^{-12}$	$2,912 \cdot 10^{-15}$
40% ДЛ + 60% ПМ	$8,050 \cdot 10^{-10}$	$-1,404 \cdot 10^{-12}$	$2,673 \cdot 10^{-15}$
100% ПМ	$6,756 \cdot 10^{-10}$	$-9,011 \cdot 10^{-13}$	$1,755 \cdot 10^{-15}$

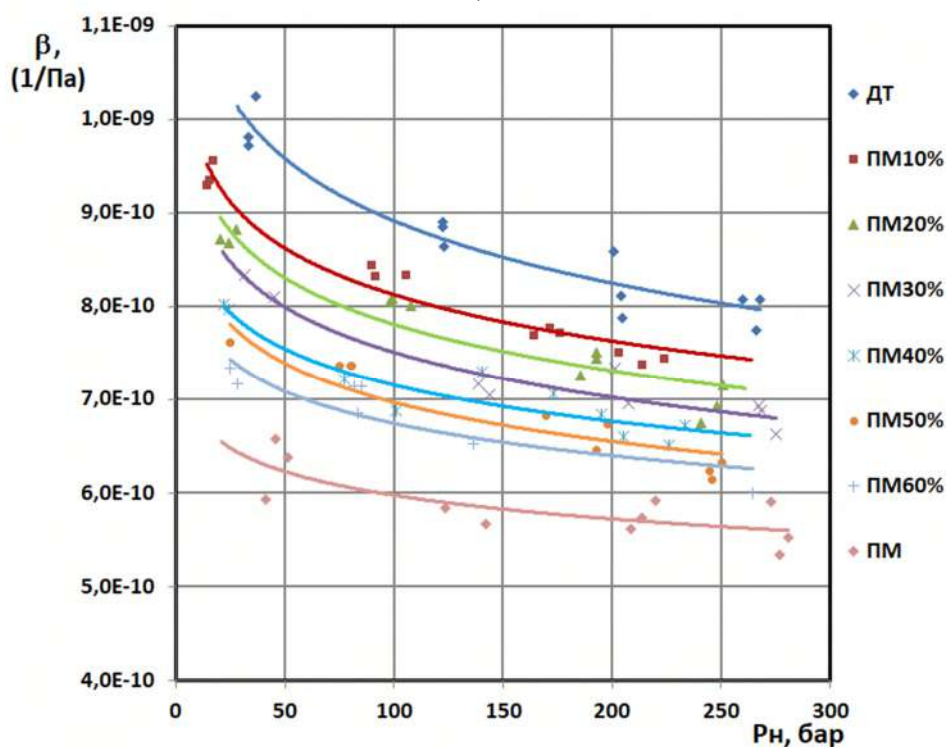
Как видно из приведенных в таблице данных, коэффициенты полиномов зависят от состава смесового топлива, т. е.:

$$\beta = a_0 + a_1 p_n + a_2 p_n^2 = f_0(g_m) + f_1(g_m) p_n + f_2(g_m) p_n^2, \quad (5)$$

где g_m – доля пальмового масла в смесовом топливе.



а)



б)

Рисунок 3 Зависимости скорости распространения звука a от начального давления при различных составах смесей (а); Зависимости коэффициента сжимаемости β от начального давления при различных составах смесей (б)

Figure 3 Dependences of the sound propagation velocity a on the initial pressure at different compositions of mixtures (a); Dependences of the compressibility coefficient β on the initial pressure at different compositions of mixtures (b)

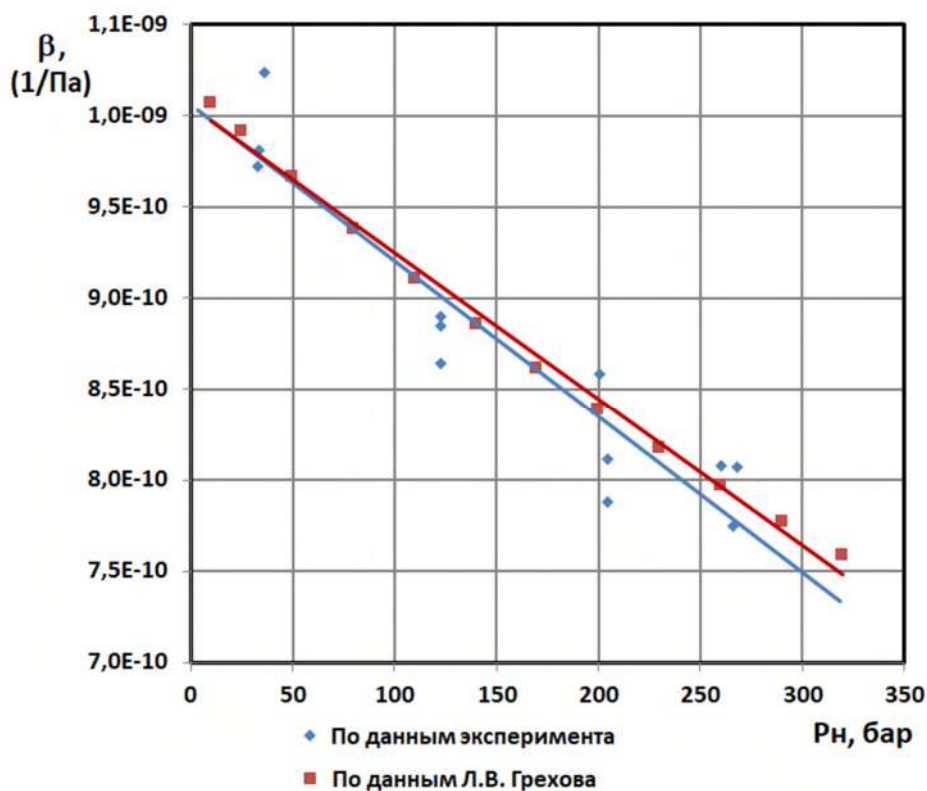


Рисунок 4 – Зависимости коэффициента сжимаемости β от начального давления для чистого дизельного топлива

Figure 4 – Dependences of the compressibility coefficient β on the initial pressure for pure diesel fuel

Для функций $f(g_m)$ также были получены аппроксимирующие их полиномы второй степени (рисунки 5...7).

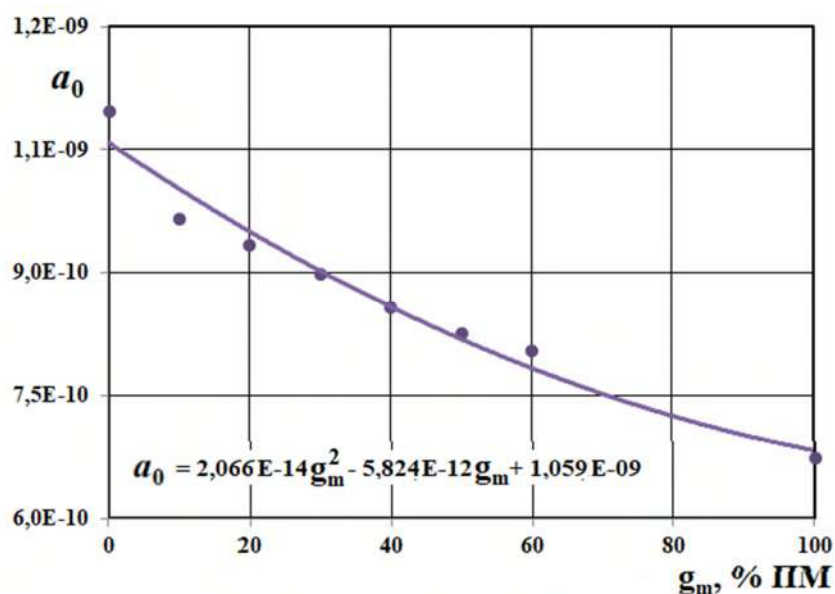


Рисунок 5 – Зависимость констант полинома a_0 от состава топливной смеси g_m

Figure 5 – Dependence of the a_0 polynomial constants on the composition of the fuel mixture g_m

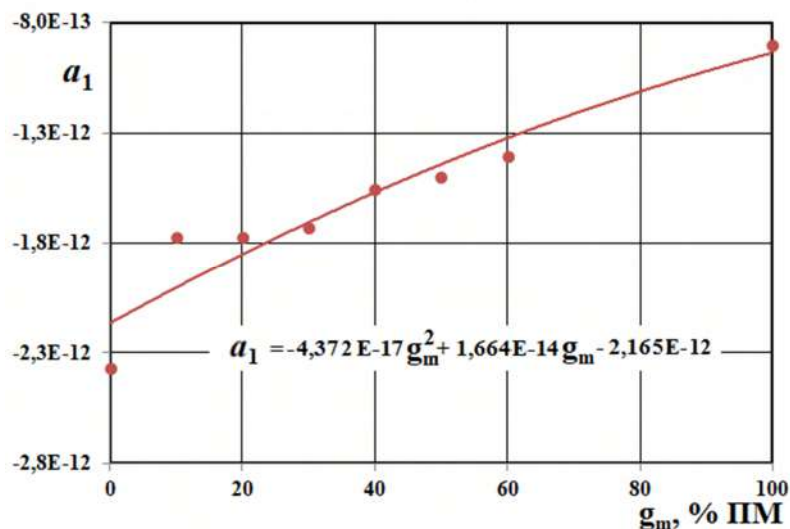


Рисунок 6 – Зависимость констант полинома a_1 от состава топливной смеси g_m

Figure 6 – Dependence of the a_1 polynomial constants on the composition of the fuel mixture g_m

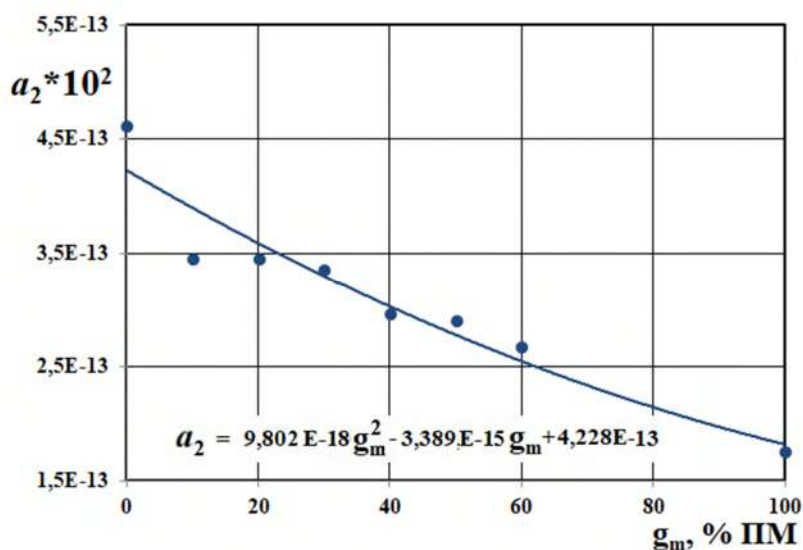


Рисунок 7 – Зависимость констант полинома a_2 от состава топливной смеси g_m

Figure 7 – Dependence of the a_2 polynomial constants on the composition of the fuel mixture g_m

Подставив аппроксимации для $f(g_m)$ в уравнение (5), получаем формулу для вычисления значения истинного коэффициента сжимаемости в зависимости от начального давления p_n и состава топливной смеси g_m :

$$\begin{aligned} \beta = & (1,059 \cdot 10^{-9} - 5,824 \cdot 10^{-12} g_m + 2,066 \cdot 10^{-14} g_m^2) + \\ & + (-2,164 \cdot 10^{-12} + 1,664 \cdot 10^{-14} g_m - 4,372 \cdot 10^{-17} g_m^2) p_n \\ & + (4,228 \cdot 10^{-15} - 3,389 \cdot 10^{-17} g_m + 9,802 \cdot 10^{-20} g_m^2) p_n^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Выводы. Результаты проведенных экспериментов показали, что с увеличением начального давления p_n и доли пальмового масла в смесевом топливе истинный коэффициент сжимаемости β уменьшается. При этом диапазон изменения этой величины с

ростом p_n и g_m также уменьшается. Так, при увеличении p_n с 40 до 270 бар в дизельном топливе β уменьшается с $9,924 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ до $7,966 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, или на 19,73%. В чистом пальмовом масле при тех же давлениях β снижается с $6,296 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$ до $5,593 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, или на 11,17%. При $p_n = 40$ бар сжимаемость дизельного топлива и пальмового масла различаются на 36,56%. При $p_n = 270$ бар – на 29,79%. Указанные различия сжимаемости смесей пальмового масла и дизельного топлива необходимо учитывать при использовании их смесей в качестве топлива. Формула (6) может быть рекомендована для определения с погрешностью менее 5% значения истинного коэффициента сжимаемости β при расчетах процесса впрыскивания топлива в дизельных двигателях, работающих на смесях дизельного топлива с пальмовым маслом.

Библиографический список

1. Бижаев А. В., Симеон А. А. Применение пальмового масла в качестве присадки к топливу тракторных дизельных двигателей // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 6. С. 41-46.
2. Вязкостные характеристики биотоплив на основе растительных масел / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Зыков [и др.] // Грузовик. 2017. № 3. С. 40-46.
3. Мировые рынки органической масложировой продукции, ориентированные на устойчивое развитие / Н. Д. Аварский, В. В. Таран, Ж. Е. Соколова, Е. А. Силко // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 7. С. 55-63.
4. Перспективы использования пальмового масла в качестве топлива для транспортных дизелей / Э. К. Чибанда, В. М. Славуцкий, А. В. Курапин, Е. А. Салыкин // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2017. № 4(58). С. 143-148.
5. Расчет и корректировка упругих свойств моторных топлив и других жидкостей / Л. В. Грехов, В. А. Марков, Н. А. Арсенов, Ц. Чжао // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2022. № 7 (748). С. 49–67.
6. Рынок масложировой продукции: отечественная и зарубежная практика / Н. Д. Аварский, С. М. Рыжкова, Х. Н. Гасанова, В. М. Кручинина // АПК: экономика, управление. 2016. № 4. С. 53-59.
7. Сжимаемость пальмового масла и его смесей с дизельным топливом / Э. Ч. Кадията, В. М. Славуцкий, А. В. Курапин, Е. А. Салыкин // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10 (141). С. 178–188.
8. Impact of palm, mustard, waste cooking oil and Calophyllum inophyllum biofuels on performance and emission of CI engine / A. Sanjid, H. H. Masjuki, M. A. Kalam [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. Vol. 27. P. 664–682.
9. Implementation of Palm biodiesel based on economic aspects, performance, emission, and wear characteristics / H. H. Mosarof, M. A. Kalam, H. H. Masjuki [et al.] // Energy conversion and Management. 2015. № 105. P. 617–629.
10. Methods for calculating fuel heating in electrically controlled injectors of Common Rail diesel systems / J. Zhao, L. Grekhov, D. Onishchenko [et al.] // Fuel. 2021. Vol. 305. art. 121526.
11. Performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with palm, jatropha and moringa oil methyl ester / M. M. Rashid [et al.] // Industrial crops and products. 2016. № 79. P. 70–75.
12. Use of palm oil-based biofuel in the international combustion engines: Performances and emissions characteristics / P. Ndayishimiye, Mohamed Tazerout // Energy. 2011. № 361. P. 790–796.

Информация об авторах:

Федянов Евгений Алексеевич, профессор кафедры теплотехники и гидравлики ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28.), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 24-80-40, e-mail: tig@vstu.ru

Салыкин Евгений Александрович, заведующий кафедрой теплотехники и гидравлики ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28.), кандидат технических наук, доцент, тел. 8 (8442) 24-80-40, e-mail: e_salykin@vstu.ru

Курапин Алексей Викторович, доцент кафедры теплотехники и гидравлики ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28.), кандидат технических наук, доцент, тел. 8 (8442) 24-80-40, e-mail: a.kurapin@vstu.ru
Кадната Эмери Чибанда, преподаватель Высшего института прикладных технологий (Демократическая республика Конго, г. Киншаса, Аэродромный проспект, 3930, муниципалитет Барумбу), e-mail: kadiataemery@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-53

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGY OF APPLICATION OF ENRICHED HYDROSORBENTS FOR SOWING SEEDS OF HIGHLY PROFITABLE CROPS IN IRRIGATION

A. N. Tseplyaev

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

Received 17.09.2022

Submitted 12.12.2022

Abstract

Introduction. The cultivation of various crops in irrigated areas is primarily associated with the use of large amounts of fertilizers N₁₈₀ P₁₆₀ K₁₂₀. The cost of producing one ton of products increases by 1.5...1.7 times, compared with the control plots (minimum required doses of N₄₀ P₆₀ K₄₀), but they are justified by obtaining an additional crop [1, 5]. The highest results, in terms of economic efficiency, are obtained when cultivating highly profitable crops, such as soybeans, potatoes. [2, 6, 12]. The value of soy is that it serves as the main source of vegetable protein [3, 4, 11]. The highest yields of soybeans are obtained in areas characterized by high temperatures and a large amount of precipitation. As for the Southern Federal District, here this crop is cultivated only by irrigation. It is high temperatures and a large amount of moisture that contribute to obtaining high yields of soybeans up to 20 t/ha. In the Volgograd region, soybeans of the Volgogradskaya 1 and Volgogradskaya 2 varieties are cultivated on irrigated areas. These varieties are capable of yielding yields of up to 25 tons per 1 hectare. However, up to 30% of the costs of soybean cultivation on irrigation account for the supply of water, the volume of which reaches 3000 m³ / ha. It is possible to reduce costs by using a special sorbent-hydrogel [9, 13]. For this purpose, we used a hydrogel of the Avaxin brand with a sorbing effect of 1:138. It is known that such substances are able to accumulate moisture from the soil with its excess, and then, as it decreases in the soil, transfer it to the roots of plants. It should also be taken into account the fact that hydrogel is most effectively used if it is saturated with additional nutrients before feeding into the soil. In experiments with soybean seeds, the fertilizer potassium humate was used [14]. For this purpose, an additional container for fertilizers was installed on the section of the seeder, and a tip with a sprayer was placed in the hollow part of the feeder knife. **An object.** The technological process of a seed drill for sowing soybean seeds with the introduction of enriched hydrogel and the theoretical justification of its parameters is presented as an object of research. **Materials and methods.** Theoretical determination of the dependence of the speed of the drill and the pressure in the liquid fertilizer supply system for the enrichment of dry hydrogel and subsequent feeding through the hollow channel of the feeder knife into the groove after the coulter. **Results and conclusions.** The equations obtained analytically determine the relationship between the speed of the drill and the excess pressure inside the liquid fertilizer supply system, and their solution is embodied in the MathCAD program. Graphically defined values can be used in experimental studies, as well as in production.

Keywords: *enriched hydrogel, liquid fertilizers, feeder knife, Bernoulli equation, sprayer tip, machine speed, system pressure.*

Citation. Tseplyaev A. N. Theoretical substantiation of the technology of application of enriched hydrosorbents for sowing seeds of highly profitable crops in irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 450-458 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-53.

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

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

УДК 631.5

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОГАЩЕННЫХ ГИДРОСОРБЕНТОВ ПРИ ПОСЕВЕ СЕМЯН ВЫСОКОРЕНТАБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР В ОРОШЕНИИ

А. Н. Цепляев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ведущий научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 17.09.2022

Дата принятия к печати 12.12.2022

Актуальность. Выращивание различных сельскохозяйственных культур на орошаемых участках связано в первую очередь с применением больших объемов удобрений $N_{180} P_{160} K_{120}$. Затраты на производство одной тонны продукции возрастают в 1,5...1,7 раза, по сравнению с контрольными участками (минимальными необходимыми дозами $N_{40} P_{60} K_{40}$), но они оправдываются за счет получения дополнительного урожая [1, 5]. Наиболее высокие результаты, с точки зрения экономической эффективности, получают при возделывании высокорентабельных культур, таких как соя, картофель. [2, 6, 7]. Ценность сои состоит в том, что она служит основным источником растительного белка [3, 4, 11]. Наиболее высокие урожаи сои получают, в зонах характеризующихся высокими температурами и большим количеством осадков. Что касается ЮФО, то здесь эта культура возделывается только на орошении. Именно высокие температуры и большое количество влаги способствуют получению высоких урожаев сои до 20 т/га. В Волгоградской области на орошаемых площадях возделывают сою сортов Волгоградская 1, Волгоградская 2. Указанные сорта способны давать урожаи до 25 т. с 1 гектара. Однако до 30% затрат при возделывании сои на орошении приходится на подачу воды, объем которой достигает 3000 м³/га. Снижение затрат возможно обеспечить при использовании специального сорбента-гидрогеля [9, 13]. Для этой цели нами использовался гидрогель марки «Аваксин» с сорбирующим эффектом 1:138. Известно, что подобные вещества способны накапливать влагу из почвы при ее избытке, а затем, по мере ее уменьшения в почве, передавать корням растений [14]. Следует так же учитывать и тот факт, что наиболее эффективно используется гидрогель, если он насыщен перед подачей в почву дополнительными питательными элементами. В опытах с семенами сои использовано удобрение гумат калия [12, 15]. Для этой цели на секции сеялки устанавливали дополнительную емкость для удобрений, а в полую часть ножа-питателя- наконечник с опрыскивателем. **Объект.** В качестве объекта исследования представлен технологический процесс работы сеялки для посева семян сои с внесением обогащенного гидрогеля и теоретическим обоснованием ее параметров. **Материалы и методы.** Теоретическое нахождение зависимости скорости движения сеялки и давления в системе подачи жидких удобрений для обогащения сухого гидрогеля и последующей подачи через полый канал ножа-питателя в бороздку после сошника. **Результаты и выводы.** Полученные аналитическим способом уравнения определяют зависимость между скоростью движения сеялки и избыточным давлением внутри системы подачи жидких удобрений, а их решение, воплощено в программе MathCAD. Графически определенные значения могут быть использованы при проведении экспериментальных исследований, а также в производстве.

Ключевые слова: обогащенный гидрогель, жидкие удобрения, нож-питатель, наконечники опрыскивателей, технологии посева семян, гидросорбенты.

Цитирование. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование технологии применения обогащенных гидросорбентов при посеве семян высокорентабельных культур в орошении. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 450-458. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-53.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При возделывании сельскохозяйственных культур на орошении неизбежно используют минеральные удобрения. Однако следует учитывать, что от 18 до 27% удобрений теряется из-за переноса их водой в более глубокие слои почвы. Они затем вместе с водой поступают в водоемы, загрязняя их. Следует также учитывать что избыточное внесение удобрений вызывает засоление почвы, ухудшая экологическую обстановку и снижая плодородие. Нами предлагается для выращивания высокорентабельных культур (сои) вносить в почву обогащенный жидкими удобрениями гидрогель. Он способен накапливать влагу вместе с удобрениями и передавать ее корням растений достаточно длительный период [10, 15]. Для подачи и обогащения гидрогеля разработана сеялка, оснащенная ножом-питателем, баком под сухой гидрогель, ёмкостью для жидких удобрений, системой для их подачи под давлением и наконечником, обогащающим гидрогель удобрениями, а также регулятором давления. Схема модернизированной секции сеялки представлена на рисунке 1.

Целью работы является теоретические исследования по определению зависимости изменения давления внутри системы для подачи жидких удобрений от скорости движения машины.

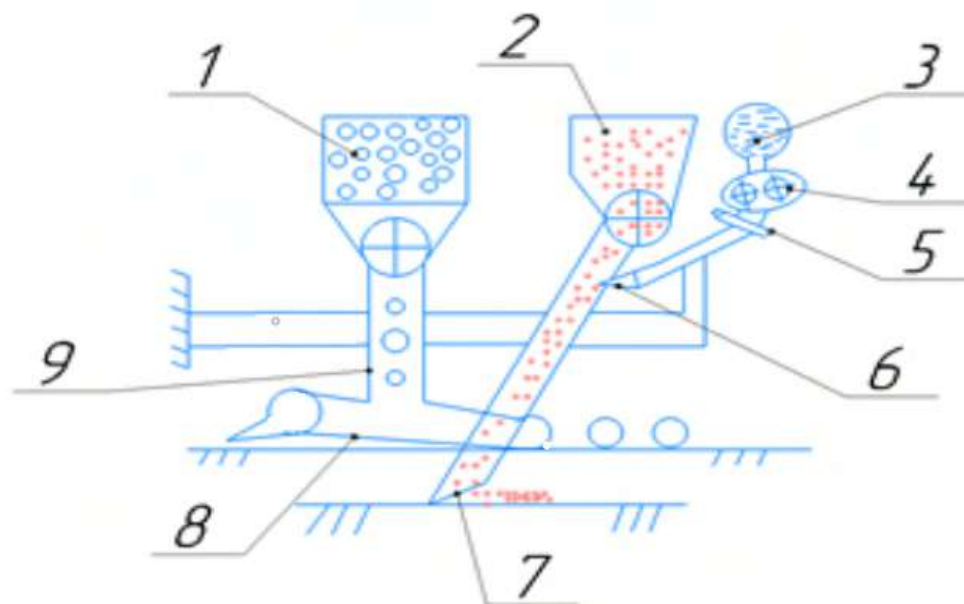


Рисунок 1 – Схема модернизированной сеялки для посева семян с одновременным внесением обогащенного гидрогеля

1-семенной бункер; 2-ящик для гидрогеля; 3-емкость для жидких удобрений; 4-шестеренный насос; 5-регулятор давления; 6-наконечник; 7-нож-питатель; 8-сошник; 9-семяпровод

Figure 1 – Diagram of an upgraded seed drill for sowing seeds with simultaneous application of enriched hydrogel

1-seed hopper; 2-hydrogel box; 3-container for liquid fertilizers; 4-gear pump; 5-pressure regulator; 6-tip; 7-knife feeder; 8-soshnik; 9-seed line

Модернизированная секция работает следующим образом. Семена сои катушкой высевающего аппарата подаются в семяпровод 9 и укладываются в бороздку, проделанную сошником 8. Сухие гранулы гидрогеля из ящика 2 винтовым механизмом направляются в канал ножа-питателя 7 и попадают в зону работы наконечника опрыскивателя 6, который обогащает их гуматом калия. Удобрения в концентрированном виде размещены в емкости 3. Необходимое давление в системе

создает шестеренный насос 4 а величина давления изменяется регулятором давления 5, следует учитывать что обогащенный удобрением гидрогель подается в отдельную борозду [4, 5, 9].

Скорость, с которой удобрение вытекает через наконечник находится по известной формуле:

$$v_y = \left(\frac{2g\Delta T}{\varepsilon_V} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где ΔT - разность напора до отверстия наконечника и за ним, Па. ε_V - объёмный вес удобрений, Н/м³.

Диаметр калиброванного отверстия в наконечнике, имеющем винтовой золотник, будет равен:

$$D_H = \left[\frac{4q_y}{\pi V \left(\frac{2\Delta T}{\rho_y} \right)^{1/2}} \right]^{1/2}, \quad (2)$$

где q_y – расход удобрений, м³/с через наконечник V -динамический коэффициент находят $V = \Psi\eta$, м Ψ – параметр, учитывающий потери динамического напора жидкости, η – КПД отверстия наконечника, $\eta = 0,71 \dots 0,9$; ρ_y – плотность удобрений кг/м³.

В уравнениях 1 и 2 разность напора наконечника – это одна и та же величина. Приравняем два уравнения и выразим диаметр отверстия наконечника.

$$D_H^2 = \frac{4q_y}{\pi V \sqrt{2\Delta T / \rho_y}}, \quad (3)$$

$$v_y^2 = \frac{2g\Delta T}{\varepsilon_V}, \quad (4)$$

где ε_V – удельный вес, Н/м³.

$$D_H^4 = \frac{8q_y^2 \rho_y}{\pi^2 V^2 \Delta T}. \quad (5)$$

Тогда учитывая выражение (4).

$$\Delta T = \frac{v_y^2 \varepsilon_V}{2g}. \quad (6)$$

Из уравнения 5 найдем:

$$\Delta T = \frac{8q_y^2 \rho_y}{\pi^2 V^2 D_H^4}. \quad (7)$$

Приравняем уравнения 6 и 7

$$\frac{v_y^2 \varepsilon_V}{2g} = \frac{8q_y^2 \rho_y}{D_H^4 V^2 T^2}. \quad (8)$$

$$v_y^2 D_H^4 \pi^2 V^2 \varepsilon_V = 16q_y^2 \rho_y g. \quad (9)$$

$$v_y^2 = \frac{16q_y^2 \rho_y g}{D_H^4 \pi^2 V^2 \varepsilon_V}. \quad (10)$$

Полученное выражение (10) может быть использовано для расчета скорости прохождения жидких удобрений через отверстие наконечника, но с точки зрения практического использования оно не учитывает скорости движения агрегата. Для этой цели воспользуемся известной формулой по определению расхода рабочей жидкости при работе опрыскивателя, технологический процесс которого подобен работе предлагаемой конструкции. В общем виде она записывается:

$$q = Q_y v_p v_m / 3600 t \kappa, \quad (11)$$

где Q_y — заданная доза (норма) внесения раствора, л/га; v_p — ширина рабочей части машины, м; v_m — скорость движения машины км/ч; t — количество распылителей одновременно работающих на машине, шт; κ — коэффициент концентрации (объем активно действующего вещества, к объему воды); q — расход рабочей жидкости, л/с.

Для последующего рассуждения рассмотрим формулу (7), норма расхода q_y будет равна:

$$q_y^2 = \frac{\pi^2 V^2 D_n^4 \Delta T}{16 \rho_y} - \frac{v_y^2 \pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V}{16 \rho_y g}. \quad (12)$$

Соответственно:

$$q_y = \left[\frac{v_y^2 \pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V}{16 \rho_y g} \right]^{1/2}. \quad (13)$$

Рассмотрим формулу (13) в ней q_y расход удобрений через наконечник. Следовательно, полученные значения q (формула 11) и q_y (формула 13) одна и та же величина. Однако для упрощения выражения (11) проведем некоторые логические преобразования. Поскольку подача порции удобрения направляется наконечником внутрь полой части ножа, имеющего круглое сечение, то ширина обрабатываемой полосы одним наконечником будет равна диаметру полой части конца ножа, $v_p = d_k$. Приравниваем между собой уравнения 11 и 13:

$$\left[\frac{v_y^2 \pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V}{16 \rho_y g} \right]^{1/2} = \frac{Q_y d_k v_m}{3600 t \kappa}. \quad (14)$$

$$v_m = \frac{\left[\frac{v_y^2 \pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V}{16 \rho_y g} \right]^{1/2} * 3600 t \kappa}{Q_y d_k}. \quad (15)$$

В полученной формуле (13) расход удобрений q_y напрямую связан с обогащением гидрогеля (насыщенные гранулы гидрогеля). Это насыщение зависит от адсорбционных свойств сополимера. Применяемый сополимер марки «Аваксин» способен поглощать удобрения в пропорции 1:118. Следовательно, исходя из норм внесения гидрогеля (60...100) кг/га, рассчитывается его локальное внесение при посеве.

Введем коэффициент λ — способность гидрогеля поглощать жидкие удобрения до полного насыщения тогда: $Q_y = G_r \lambda = Q_y'$ (м³/га). G_r — вес гидрогеля.

$$v_m = \frac{\left[\frac{v_y^2 \pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V}{16 \rho_y g} \right]^{1/2} * 3600 t \kappa}{Q_y' d_k}. \quad (16)$$

В полученное уравнение скорости (16) входят различные переменные, но основное влияние оказывает скорость истечения удобрений через отверстие наконечника u_y . Величина этой скорости напрямую будет связана с давлением внутри самой системы. Чтобы установить зависимость между параметрами скорости машины u_m и изменением давления ΔT необходимо воспользоваться уравнением Бернулли.

$$H + \frac{p}{\rho} + \frac{v_o^2}{2g} + \frac{p'}{\rho} + \frac{v_n^2}{2g} + h_m, \quad (17)$$

где H - напор раствора удобрений, возникающий в системе, м; p - давление при выходе из наконечника, Па; ρ - удельный вес удобрений, н/м³; v_o - скорость удобрений внутри системы, м/с; p' - давление при выходе из системы (при открытых системах $p' = p_{отм}$); v_n - скорость удобрений при выходе из наконечника, м/с; h_m - потери напора при выходе из наконечника, м.

Для практических расчетов формулу Бернулли используют в некотором измененном виде:

$$u_y = \varphi [2g(H + \frac{T_o - T_n}{\gamma} + \frac{v_o^2}{g})]^{1/2}, \quad (18)$$

где φ - коэффициент, учитывающий конструкторские особенности отверстия (для отверстия круглого сечения $\varphi = 1,0$). $T_o - T_n$ - избыточное давление внутри системы обозначим $T_o - T_n = \Delta T$. Возведем обе части уравнения (17) в квадрат, получим:

$$u_y^2 = 2g(H + \frac{\Delta T}{\gamma} + \frac{v_o^2}{g}). \quad (19)$$

Подставим полученное выражение (19) в уравнение (16):

$$u_m = \frac{3600m\kappa [\frac{g(H + \frac{\Delta T}{\gamma} + \frac{v_o^2}{g})\pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V}{8\rho_y * g}]^{1/2}}{Q_y' d_k}. \quad (20)$$

$$u_m = \frac{3600m\kappa [g(H + \frac{\Delta T}{\gamma} + \frac{v_o^2}{g})\pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V]^{1/2}}{Q_y' d_k (8\rho_y * g)^{1/2}}. \quad (21)$$

$$u_m = \frac{3600m\kappa [(Hg + \Delta T\gamma + V_o^2)\pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V]^{1/2}}{Q_y' d_k (8\rho_y * g)^{1/2}}. \quad (22)$$

Из полученного уравнения возможно определить изменение движения в зависимости от скорости самой машины u_m . Представим уравнение в следующем виде.

$$u_m \gamma d_k (8\rho_y * g)^{1/2} = 3600m\kappa [Hg + \Delta T\gamma + V_o^2 \pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V]^{1/2} \quad (23)$$

Введем обе части в квадрат и выразим ΔT

$$\Delta T = \frac{u_m^2 Q_y^2 d_k^2 8\rho_y \gamma}{(3600m\kappa)^2 \pi^2 V^2 D_n^4 \varepsilon_V} - H\gamma - \frac{V_o^2 \gamma}{g}. \quad (24)$$

Решение полученного выражение по определению изменения давления в системе в зависимости от скорости движения выполнено с использованием программы MathCAD.

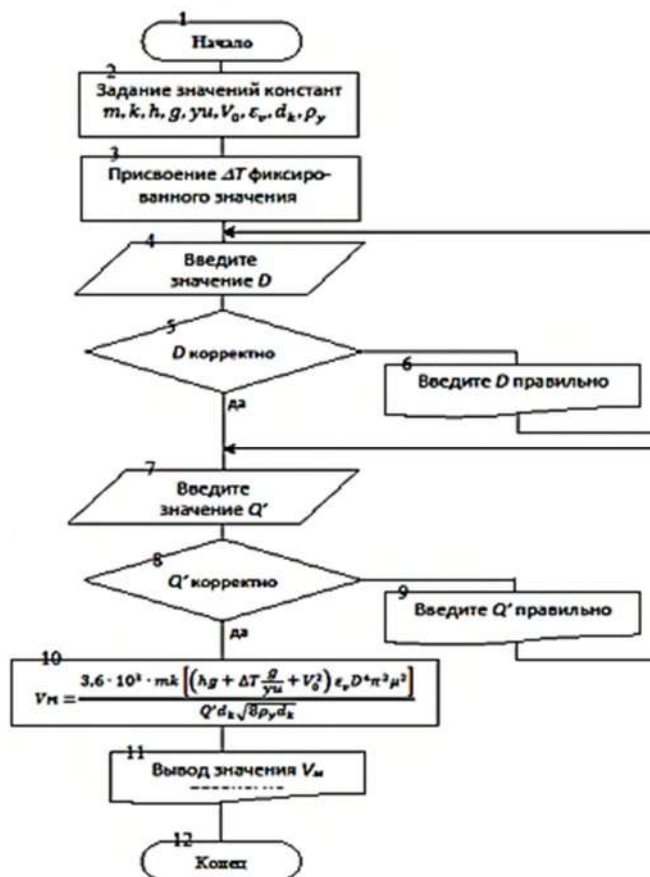


Рисунок 2 – Блок-схема зависимости давления в системе подачи удобрений от скорости машины. Алгоритм расчета скорости движения агрегата

Figure 2 is a block diagram of the dependence of the pressure in the fertilizer supply system on the speed of the machine. Algorithm for calculating the speed of movement of the unit

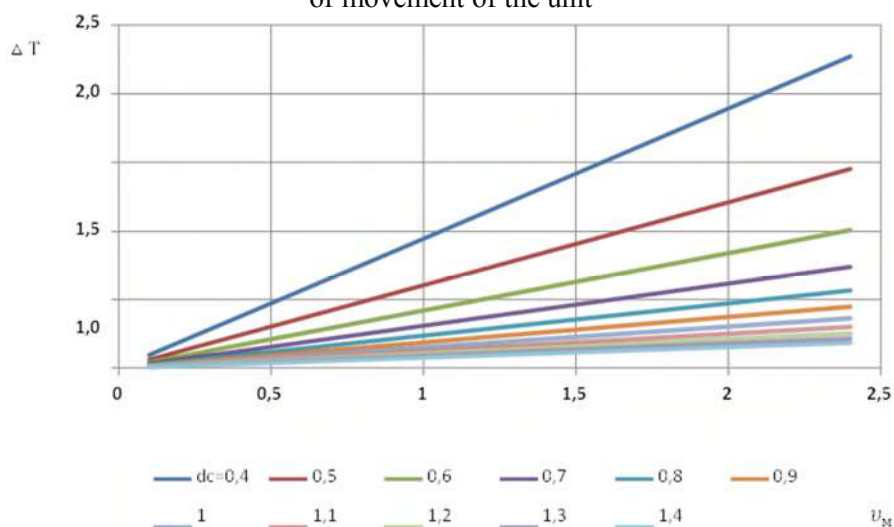


Рисунок 3 – График зависимости давления в системе подачи удобрений от скорости движения машины

Figure 3 – Graph of the dependence of the pressure in the fertilizer supply system on the speed of the machine

Выводы. Анализируя полученные теоретическим путем результаты необходимо отметить что, судя по графикам, с увеличением скорости v_m давление внутри системы должно возрастать и при минимальном диаметре отверстия наконечника d_n - 0,4 мм и скорости v_m - 0,5 м/с, давление равно соответственно 0,5 МПа, повышение скорости до 2,0 м/с приводит к подъёму давления до 2,0 МПа. Увеличение диаметра наконечника обеспечивает подачу необходимой нормы при давлении практически в 4,0...4,5 раза меньше, но при малом давлении ухудшается качество распыления удобрений. В качестве рекомендации следует указать, на поддержание постоянной скорости посева при определенном давлении либо предусмотреть в конструкции автоматическое регулирование давления в системе в зависимости от скорости движения машины.

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. Влияние водных абсорбентов на урожайность картофеля / О. А. Старовойтова, В. В. Воронов, В. И. Старовойтов, Г. С. Воронова // Сборник материалов XIV Международного экологического форума «День Балтийского моря». СПб.: «Человек», 2013. С. 56–58.
3. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н., Гундырин В. Н. Использование гидрогеля и влагообеспеченность культур в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя // Земледелие. 2014. № 6. С. 37-38.
4. Данилова Т. Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // Агрофизика. 2016. № 1. С. 8-16.
5. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-2. С. 59-65.
6. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Техника и технологии АПК. 2015. № 1. С. 15-18.
7. Технология возделывания картофеля с использованием влагосберегающих полимеров / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, Ю. П. Бойко, Е. Я. Молчанова, А. А. Манохина. М.: ФГБНУВНИИХ, 2014. 27 с.
8. Тиберьков А. П., Филин В. И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья // Изв. Нижневолж. агроунивер. комплекса. 2013. № 4. С. 1–5.
9. Тимошенко В. В., Цепляев А. Н. Эффективность использования сошника для посева и внесения гидрогеля и жидких удобрений // Стратегические инновационного развития АПК в современных экономических условиях. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2016. Т. 2. 400 с.
10. Цепляев А. Н., Тимошенко В. В. Сохранение плодородия почвы при использовании различных способов механизированного внесения тукобогащенного гидрогеля // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1. С. 195-201.
11. 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 нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 380-389.
12. Цепляев В. А., Магомедов А. М. Условия размещения пят сошника на разработанной секции сеялки при посеве семян сои и бахчевых культур // Изв. Нижневолж. агроунивер. комплекса. 2022. № 2. С. 430–438.
13. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. KrasiaChristoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. 104048.

14. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies / S. S. Rathore, K. Shekhawat, A. Class, O. P. Premi, B. S. Rathore, V. K. Singh // Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). P. 531-541.

15. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). P. 3107-3112.

Информация об авторе

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела мелиоративных технологий ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: can_volgau@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-54

RESULTS OF DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF WHITE CABBAGE

M. N. Shaprov¹, A. V. Tsepilyaev¹, A. N. Tsepilyaev², S. I. Bogdanov¹, V. E. Berdyshev³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

²*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia*

³*FGBOU VO "Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
named after Timiryazeva", Moscow, Russia*

Received 05.09.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. The authors present the results of experimental studies of the technological properties of cabbage heads, obtained on the basis of the application of both standard and original methods developed by the authors to determine these properties. The need for these studies is due to the fact that the calculation of the main structural and kinematic parameters of a cabbage-cutting machine is impossible without knowledge of these properties. **Object.** The object of research was white cabbage of two varieties, the most common in the households of the Volgograd region. This is a medium-ripened variety "Glory" and a late-ripening variety "Filibuster". **Materials and methods.** When developing a cabbage harvesting machine and determining its main design and kinematic parameters, it is necessary to know the technological parameters of the object with which its working bodies interact, that is, cabbage heads. These include the dimensional and mass characteristics, the coefficients of friction of the elements of the object (cabbage leaves, cabbage stalks, etc.), the resistance of the head to dynamic and static loads, the efforts of cutting the cabbage stalk, the moment of inertia of the head. The research results were processed using mathematical statistics methods and presented in the form of graphs. **Results and conclusions:** The conducted experimental studies made it possible to determine the main technological parameters of cabbage heads of two varieties, the most common in the farms of the Volgograd region. This is a medium-ripened variety "Glory" and a late-ripening variety "Filibuster". The research results are presented both in tabular and in the form of graphs. The obtained patterns of changes in these parameters allow us to calculate the optimal kinematic and structural parameters of the working bodies of the cabbage harvesting machine.

Keywords: *white cabbage, technological properties, cabbage-harvesting machine, coefficient of friction, dynamic load, shear force, moment of inertia.*

Citation. Shaprov M. N., Tsepilyaev A. V., Tsepilyaev A. N., Bogdanov S. I., Berdyshev V. E. Results of determination of technological properties of white cabbage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 458-465 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-54.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of the experiment, got acquainted with the final version of the article and approved it.

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

УДК 631.635.34

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ****М. Н. Шапров**¹, доктор технических наук, профессор**А. В. Цепляев**¹, аспирант**А. Н. Цепляев**², доктор сельскохозяйственных наук, профессор**С. И. Богданов**¹, кандидат технических наук, доцент**В. Е. Бердышев**³, доктор технических наук, профессор¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия, г. Волгоград, Россия³ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА им. Тимирязева
г. Москва, Россия

Дата поступления в редакцию 05.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Авторами представлены результаты экспериментальных исследований технологических свойств кочанов капусты, полученные на основе применения как типовых, так и оригинальных, разработанных авторами методик для определения этих свойств. Необходимость данных исследований обусловлена тем, что расчет основных конструктивных и кинематических параметров капустоуборочной машины невозможен без знания этих свойств [1, 5]. **Объект.** Объектом исследований являлась белокочанная капуста двух сортов, наиболее распространённых в хозяйствах Волгоградской области. Это среднеспелый сорт «Слава» и позднеспелый сорт «Флибустьер». **Материалы и методы.** При разработке капустоуборочной машины и определении ее основных конструктивных и кинематических параметров необходимо знать технологические параметры объекта, с которым взаимодействуют ее рабочие органы, то есть кочанов капусты [2, 9]. К ним следует отнести размерно-массовые характеристики, коэффициенты трения элементов объекта (листьев капусты, кочерыги и т.д.), сопротивление кочана динамическим и статическим нагрузкам, усилия среза кочерыги капусты. Результаты исследований были обработаны с использованием методов математической статистики и представлены в виде графиков [4]. **Результаты и выводы.** Проведенные экспериментальные исследования позволили определить основные технологические параметры кочанов капусты двух сортов, наиболее распространённых в хозяйствах Волгоградской области. Это среднеспелый сорт «Слава» и позднеспелый сорт «Флибустьер». Результаты исследований представлены как в табличном, так и в виде графиков. Полученные закономерности изменения этих параметров позволят рассчитать оптимальные кинематические и конструктивные параметры рабочих органов капустоуборочной машины.

Ключевые слова: белокочанная капуста, технологические свойства капусты, капустоуборочные машины, коэффициент трения, усилие среза, момент инерции.

Цитирование. Шапров М. Н., Цепляев А. В., Цепляев А. Н., Богданов С. И., Бердышев В. Е. Результаты определения технологических свойств белокочанной капусты. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 458-465. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-54.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Белокочанная капуста – одна из наиболее важных составляющих овощных культур в рационе питания человека. Она по праву претендует на ведущую роль среди овощной продукции. Площади под ней только в Волгоградской области составляют 1,6 тыс. га. Среди овощных культур белокочанная капуста составляет 6 % от общего валового

сбора (томатов, огурца и т.д.). Наиболее трудоемким процессом, наряду с посадкой капусты, заслуженно считается уборка кочанов капусты, на которую приходится до 35 % от всех затрат при возделывании капусты [5, 7]. Из-за технологических особенностей развития кочана капусты, его достаточно больших параметров и при этом высокой чувствительности к механическим воздействиям механизация процесса уборки кочанов капусты затруднена [6]. Капустоуборочные машины весьма сложны и несовершенны. Поэтому для создания перспективных машин необходимо изучить технологические, в том числе физико-механические свойства различных частей растения капусты (кочана, кочерыги, листьев и т.д.) [10, 13]. Наиболее важными, на наш взгляд, с точки зрения механизации, могут быть: размерно-массовые характеристики, коэффициенты трения, усилия на срез и др. [8, 11, 13]. Рабочие органы капустоуборочной машины могут быть выполнены из различных материалов. Это может быть сталь, окрашенная и неокрашенная, прорезиненные ременные полосы и т.д. Рабочие органы могут оказывать как статическое, так и динамическое воздействие, могущее привести к разрушению кочана. Также важно знать и усилие на срез кочерыги в разных ее местах [4, 6]. Поэтому при проведении экспериментальных исследований применялись как стандартные, так и разработанные методики, приборы и оборудование, способные исследовать все вышеуказанные свойства [12].

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории механизации бахчеводства и овощеводства Волгоградского государственного аграрного университета. Объектом исследований является белокочанная капуста двух сортов, наиболее распространенных в хозяйствах Волгоградской области. Это среднеспелый сорт «Слава» и позднеспелый сорт «Флибустьер». Были проведены экспериментальные исследования по определению технологических свойств капусты, необходимых для расчета основных конструктивных и кинематических параметров капустоуборочной машины. Полученные результаты были обработаны с использованием методов математической статистики и представлены как в табличной, так и в графической формах.

Результаты и обсуждение. Данные размерно-массовых характеристик кочанов белокочанной капусты представлены в таблице 1 и на рисунке 1. Анализируя их, можем сделать вывод, что даже в пределах каждого сорта как размеры кочанов, так и их масса варьируются в достаточно больших пределах.

Статистическая обработка полученных данных с использованием критерия t-Стьюдента позволила выявить, что при 5 % уровне значимости (t_{05}) размеры кочанов капусты изменяются по нормальному закону распределения и описываются кривой Гаусса. На рисунке 1 в качестве примера показаны экспериментальные значения и кривые нормального распределения высоты и диаметра кочанов капусты сорта «Слава». Для этого сорта интервалы варьирования диаметра d , высоты h и массы m кочана соответственно равны: $d = 25,4 \pm t_{05}2,6 = 25,4 \pm 6,0$; $h = 19,6 \pm t_{05}2,5 = 19,6 \pm 5,7$; $m = 2,9 \pm t_{05}0,4 = 2,9 \pm 0,9$. Длина кочерыги варьируется в пределах $h_k = 31,6 \pm t_{05}3,6 = 31,6 \pm 8,3$. У сорта «Флибустьер эти параметры находятся в пределах: $d = 27,2 \pm t_{05}2,8 = 27,2 \pm 6,4$; $h = 23,6 \pm t_{05}2,9 = 23,6 \pm 6,7$; $m = 2,7 \pm t_{05}0,4 = 2,7 \pm 0,9$. Длина кочерыги варьируется в пределах $h_k = 26,8 \pm t_{05}2,7 = 26,8 \pm 6,2$.

Таблица 1 – Размерно-массовые характеристики кочанов капусты

Table 1 – Dimensional and mass characteristics of cabbage heads

Сорт / Variety	Диаметр средний, см / Average diameter, cm	Высота средняя, см / Average height, cm	Длина кочерыги средняя, см / The length of the kocharyga is average, cm	Масса кочана, кг / Head-weight, kg	Индекс формы / Form index
Слава	25,4	19,6	31,6	2,9	1,3
Флибустьер	27,2	23,6	26,8	2,7	1,2

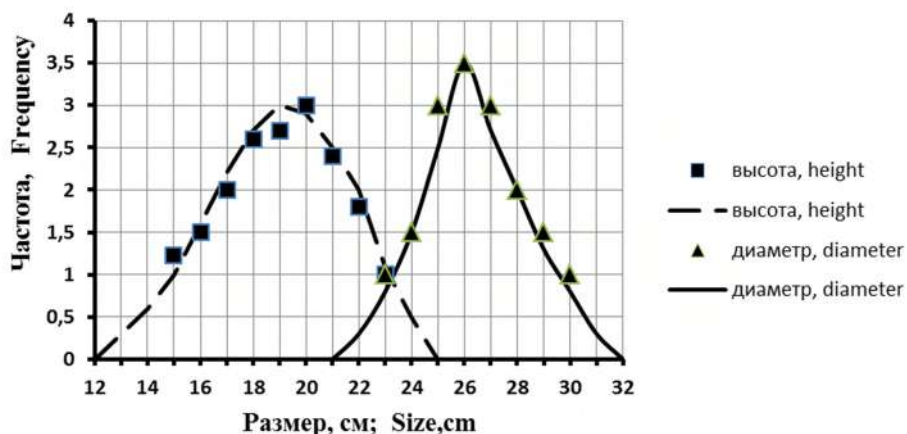


Рисунок 1 – Экспериментальные данные и теоретические кривые распределения размеров кочана сорта «Слава»

Figure 1 – Experimental data and theoretical curves of the distribution of the sizes of the head of the "Glory" variety

Таблица 2 – Коэффициенты трения покоя f_n белокочанной капусты по различным материалам

Table 2 – Coefficients of friction of rest f_n of white cabbage on various materials

Наименование материала / Name of the material	Влажность отдельных частей капусты, % / Humidity of individual parts of cabbage, %	Сталь листовая неокрашенная / Unpainted- sheetsteel	Сталь листовая окрашенная / Paintedsheetsteel	Резина / Rubber
Сорт «Флибустьер» The «Filibuster» variety				
Срез кочана / Headcut	91	0,45	0,65	0,68
Поверхность кочана / The surface of the head	91	0,46	0,54	0,70
Кочерыга / Stump	92	0,43	0,46	0,59
Сорт «Слава» The «Glory» variety				
Срез кочана / Headcut	90	0,42	0,61	0,64
Поверхность кочана / The surface of the head	91	0,50	0,52	0,66
Кочерыга / Stump	78	0,44	0,47	0,57

Таблица 3 – Коэффициенты трения движения f_d белокочанной капусты по различным материалам

Table 3 – Friction coefficients of movement f_d of white cabbage on various materials

Исследуемая поверхность	Наименование материала			
	Влажность отдельных частей капусты, % / Humidity of individual parts of cabbage, %	Сталь листовая неокрашенная / Unpainted- sheetsteel	Сталь листовая окрашенная / Paintedsheetsteel	Резина / Rubber
Сорт «Флибустьер» The «Filibuster» variety				
Срез кочана / Headcut	91	0,33	0,53	0,56
Поверхность кочана / The surface of the head	91	0,42	0,44	0,57
Кочерыга / Stump	92	0,33	0,36	0,50
Сорт «Слава» The «Glory» variety				
Срез кочана / Headcut	90	0,32	0,54	0,52
Поверхность кочана / The surface of the head	91	0,42	0,43	0,58
Кочерыга / Stump	78	0,33	0,34	0,49

Результаты исследований трения покоя и движения приведены в таблицах 2 и 3. Из таблиц следует, что коэффициенты трения покоя зависят от фрикционных свойств той поверхности, по которой перемещаются те или иные части кочана. Например, коэффициент трения покоя поверхности кочана сорта «Флибустьер» по стали окрашенной – 0,54, а по стали неокрашенной – 0,46.

Уменьшение шероховатости трущихся поверхностей также приводит к уменьшению варьирования значений коэффициентов трения. Так, для кочана капусты интервал варьирования коэффициентов трения покоя по стали окрашенной составляют $\pm 0,11$, а по стали неокрашенной – $\pm 0,06$. Интервал варьирования коэффициентов трения движения для лицевой стороны листьев капусты по стали окрашенной $\pm 0,16$, а по стали неокрашенной – $\pm 0,03$.

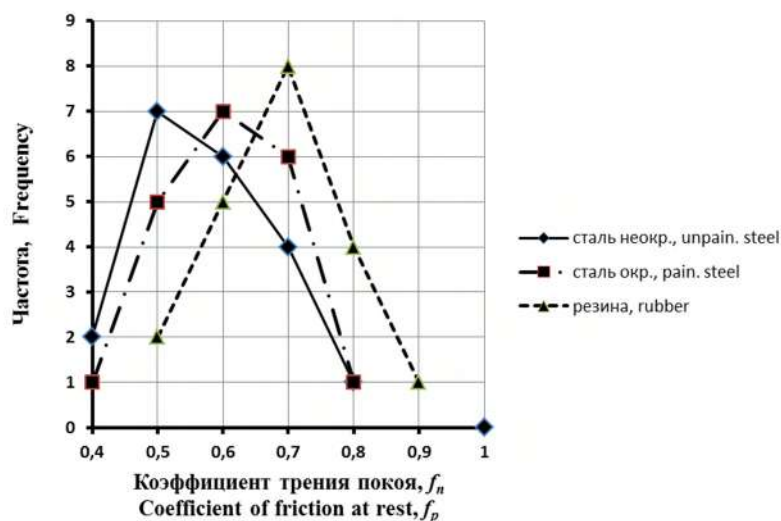


Рисунок 2 – Экспериментальные данные коэффициента трения покоя поверхности кочана капусты сорта «Флибустьер» по различным поверхностям

Figure 2 – Experimental data of the coefficient of friction of the resting surface of the cabbage head of the Filibuster variety on various surfaces

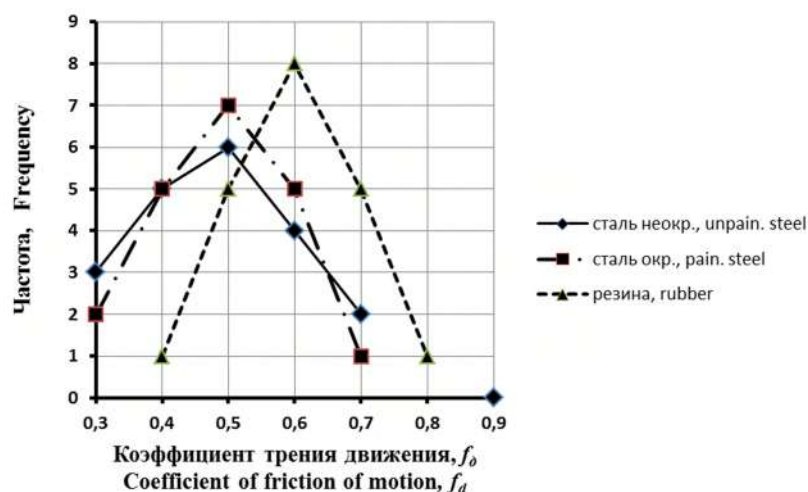


Рисунок 3 – Экспериментальные данные коэффициента трения движения поверхности кочана капусты сорта «Флибустьер» по различным поверхностям

Figure 3 – Experimental data of the coefficient of friction of the movement of the surface of the cabbage head of the Filibuster variety on various surfaces

На рисунках 2 и 3 представлены результаты экспериментальных исследований коэффициентов трения по разным поверхностям. Проведенный дисперсионный анализ показал, что разница значений коэффициентов трения покоя и движения у обоих сортов несущественна для одинаковых частей кочана и по одинаковым поверхностям на 5 % уровне значимости.

Определение усилия среза кочерыги замерялось в трех местах по их длине. Средние значения приведены в таблице 4, а вид варьирования параметра – на графиках рисунка 4.

Таблица 4 – Средние значения усилия среза кочерыги по ее высоте у различных сортов

Table 4 – Average values of the cutting force of the poker according to its height in different varieties

Место среза / The place of the cut	Показатель / Indicator	Сорт / Variety	
		Флибустьер	Слава
У корневой шейки / At the root neck	усилие на срез, Н / shearforce, N	427,8	592,4
	Диаметр среза, мм / cut diameter, mm	20,5	23,6
	Площадь среза, мм ² / section surface, mm ²	258	333,1
	удельная нагрузка, Н/ мм ² / specificload, N/ mm ²	1,66	1,78
На середине кочерыги / In the middle of the poker	усилие на срез, Н / shearforce, N	367,7	376,3
	диаметр среза, мм / cut diameter, mm	34,4	37,4
	площадь среза, мм ² / section surface, mm ²	789,3	747,2
	удельная нагрузка, Н/ мм ² / specificload, N/ mm ²	0,47	0,50
У основания кочана / At the base of the head	усилие на срез, Н / shearforce, N	281,3	302,8
	диаметр среза, мм / cut diameter, mm	48,5	48,3
	площадь среза, мм ² / section surface, mm ²	1721,9	1637,2
	удельная нагрузка, Н/ мм ² / specificload, N/ mm ²	0,16	0,18

Анализируя вышеприведенные данные, можем проследить, что у корневой шейки усилие среза значительно больше, чем у основания кочана, хотя при этом диаметр у корневой шейки в несколько раз меньше. Хотя у кочерыги капусты ее диаметр при измерении от корня растения увеличивается, но жесткость материала при этом снижается и, несмотря на увеличение диаметра, усилие на срез и удельная нагрузка снижаются для обоих сортов. Графики изменения этих величин представлены на рисунке 4.

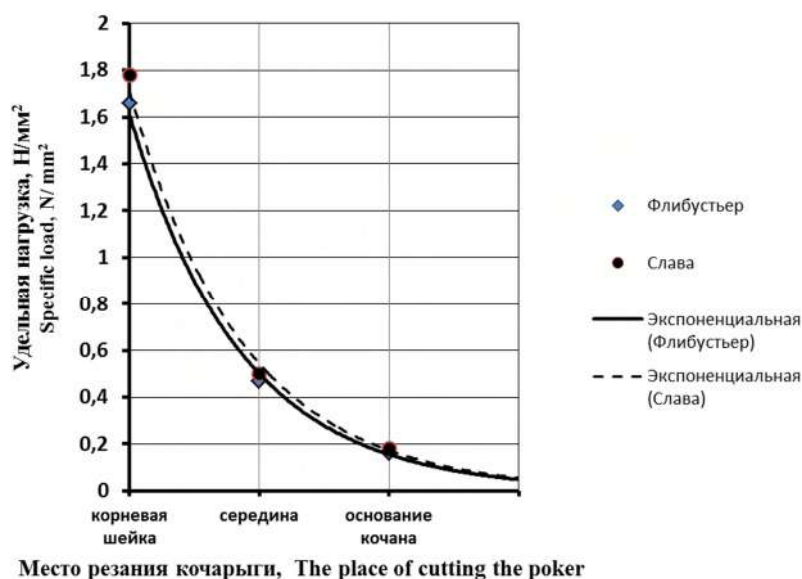


Рисунок 4 – Зависимость удельной нагрузки от места среза кочерыги

Figure 4 – Dependence of the specific load on the place of the poker cut

Выводы. В результате обработки результатов экспериментальных исследований были определены основные технологические параметры кочанов капусты двухсортов, наиболее распространённых в хозяйствах Волгоградской области. Это среднеспелый сорт «Слава» и позднеспелый сорт «Флибустьер».

Размеры кочанов капусты изменяются по нормальному закону распределения и описываются кривой Гаусса. Для сорта «Слава» интервалы варьирования диаметра d , высоты h и массы m кочана соответственно равны: $d = 25,4 \pm 6,0$; $h = 19,6 \pm 5,7$; $m = 2,9 \pm 0,9$. Длина кочерыжки варьируется в пределах $h_k = 31,6 \pm 8,3$. У сорта «Флибустьер» эти параметры находятся в пределах: $d = 27,2 \pm 6,4$; $h = 23,6 \pm 6,7$; $m = 2,7 \pm 0,9$. Длина кочерыжки варьируется в пределах $h_k = 26,8 \pm 6,2$.

Коэффициент трения покоя поверхности кочана сорта «Флибустьер» по стали окрашенной находится в пределах $0,54 \pm 0,11$, по стали неокрашенной - $0,46 \pm 0,06$, а по резине – $0,70 \pm 0,16$. Коэффициент трения движения поверхности кочана по аналогичным поверхностям соответственно находится в пределах: $0,42 \pm 0,07$; $0,48 \pm 0,10$; $0,57 \pm 0,15$. Проведенный дисперсионный анализ показал, что разница значений коэффициентов трения покоя и движения у обоих сортов незначительна для одинаковых частей кочана и по одинаковым поверхностям на 5 % уровне значимости.

Усилие среза зависит от места среза и практически не зависит от сорта. Так, у корневой шейки оно находится в пределах $1,66-1,78 \text{ Н/мм}^2$, что значительно больше, чем у основания кочана ($0,16-0,18 \text{ Н/мм}^2$), хотя при этом диаметр у корневой шейки в несколько раз меньше.

Библиографический список

1. Аналитическое обоснование конструктивных параметров приспособления для бережной загрузки кочанов при машинной уборке капусты / С. С. Алатырев, И. С. Кручинкина, А. С. Алатырев, А. П. Юркин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 8.
2. Измерение механических свойств плодов арбуза / Е. Б. Медведков, А. Е. Назымбекова, М. Н. Шапоров, Д. А. Тлевлесова, Е. Д. Шамбулов, А. Е. Кайрбаева // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Краснодар: КубГАУ, 2020. С. 339-344.
3. Костюченков Н. В., Даирбекова А. К. Методика определения размерно-массовой характеристики растений капусты // Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 4 (8).
4. Кравцов Е. В., Алексеев Г. В. Исследование технологических особенностей процесса резания пищевых продуктов лезвийным инструментом // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 3.
5. Оптимизация процесса отгрузки и укладки кочанов в контейнеры при машинной уборке капусты в щадящем режиме / С. С. Алатырев, П. В. Мишин, И. С. Кручинкина, А. С. Алатырев // Вестник КрасГАУ. 2018. № 1 (136).
6. Теоретические исследования по истории перекачивания сферических и тороидальных тел на поверхность плодов бахчевых культур / А. Н. Цепляев, М. В. Ульянов, С. В. Климов, А. В. Цепляев // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29).
7. Тончева Н. Н., Лебедев В. Г., Егоров В. П. Технические средства для уборки овощей в малых формах хозяйствования // Известия ОГАУ. 2015. №2 (52). <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-sredstva-dlya-uborki-ovoschey-v-malyh-formah-hozyaystvovaniya>.
8. Цепляев А. Н., Лазаренко Я. С. Результаты экспериментальных исследований по определению коэффициентов трения // Известия НВ АУК. 2012. № 4.
9. Development Of The Juice Extraction Equipment: Physico-Mathematical Model Of The Processes / Y. Medvedkov, A. Nazymbekova, D. Tlevlessova, A. Kairbayeva, M. Shaprov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. V. 1. № 11-109. P. 14-24.

10. Espinosa H. D., Prorok B. C., Fischer M. A methodology for determining mechanical properties of freestanding thin films and MEMS materials // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 2003. V. 51. I. 1. Pages 47-67.

11. Experiment and Research on Cutting Mechanical Properties of Little Cabbage / W. Wang, S. Wang, J. Zhang, X. Lv, Z. Yi // Appl. Sci. 2022. V. 12. P. 2060.

12. Means of mechanization and technologies for melons processing: monograph / T. Kulazhanov, L. Baibolova, M. Shaprov, D. Tlevlessova, A. Admaeva, A. Kairbayeva, S. Azimova, M. Kizatova, A. Nazymbekova, T. Kulazhanov, L. Baibolova and. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. 188 p.

13. Physical and Mechanical Experiments for Designing Cabbage Precision Trimming Device / Gongpei Cui, Xinmeng Zheng, Jingzheng Wang, Chen Yang, Zhihao Liu, Yongjie Cui // 2019 ASABE Annual International Meeting. 2019. № 1901420.

Информация об авторах

Шапров Михаил Николаевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400011, Россия, г. Волгоград, пр. Университетский 26), доктор технических наук, профессор, AuthorID:621823; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9929-5042>, m.shaprov@yandex.ru

Цепляев Алексей Витальевич, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26) serlyev_aleksey@mail.ru.

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела мелиоративных технологий ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Богданов Сергей Иванович, заведующий кафедрой «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий в АПК», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доцент, кандидат технических наук, тел. +7 (8442) 41-11-27, s.bogdanov@volgau.com.

Бердышев Виктор Егорович, руководитель учебно-методического центра обеспечения подготовки кадров АПК, (127550 Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская д. 58, к. 325), доктор технических наук, профессор. v.berdishev@rgau-msha.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-55

DESERTIFICATION OF AGRICULTURAL LANDS IN THE CHERNOZEMELSKY DISTRICT OF KALMYKIA

V. G. Yuferev, A. I. Belyaev, K. P. Sinelnikova

FGBNU "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences", Volgograd, Russia

Received 23.09.2022

Submitted 02.12.2022

The work was carried out within the framework of the State Task of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences State Registration No. 122020100311-3 "Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry complexes in transitional natural-geographical zones, patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in modern conditions"; No. 122020100405-9 "Cartographic modeling of the state, functioning and dynamics of processes of deserted territories with the use of information technologies"

Summary

The article presents the results of geoinformation studies of desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Kalmykia. The research results have shown that the dominant factors contributing to desertification have recently become climatic factors, and primarily an increase in the number and intensity of dust storms. The impact of dust storms led not only to an increase in the area of open mobile sands, but also sharply reduced the productivity and species composition of phytocenoses of pastures. Desolate areas in the Chernozemelsky district by 2022 covered 58.5% of the territory.

Abstract

Introduction. The development of degradation in the arid territories of Russia in recent years has acquired a steady upward trend, and there is an increase in the influence of climatic factors, primarily an increase in the frequency and intensity of dust storms. **An object.** The territory of the Chernozemelsky district of Kalmykia, the choice of the object is primarily due to the fact that the results of systematic long-term aerospace monitoring showed a significant impact of dust storms on the state of the land, a reduction in the area of forage lands and a decrease in livestock. The aim of the work was to determine the quantitative characteristics of changes in the area of land subject to desertification. The objective of the research is to determine the parameters and patterns of changes in the area of desolate lands in modern conditions, to identify the main factors of desertification, to determine the magnitude and speed of desertification processes. **Materials and methods.** The methodology is based on the use of geoinformation analysis of satellite images of the territory of the Chernozemelsky district subject to desertification and a spatio-temporal approach to assessing trends and dynamics of changes in the areas of degraded areas. **Results and conclusions.** The data obtained indicate that even with a decrease in the pasture load in Kalmykia from 2.4 million sheep and goats in 2017 to 1.75 million heads in 2022, at the same time there is a process of increasing the areas of desertification. Only in the Chernozemelsky district, the increase in the area of desertification sites amounted to 663 thousand hectares. This process is caused by changes in climatic factors and, first of all, an increase in the frequency and intensity of dust storms. Measures to combat desertification should be associated with the restoration of biocenoses by means of phytomelioration, the widespread use of forest reclamation on forest-suitable soils using tree and shrub species.

Keywords: monitoring, desertification, satellite images, model, factors, dynamics, area.

Citation. Yuferev V. G., Belyaev A. I., Sinelnikova K. P. Desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Kalmykia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 465-473 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-55.

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 631.111.3:528.77:528.72

ОПУСТЫНИВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕЛЬСКОМ РАЙОНЕ КАЛМЫКИИ

В. Г. Юфереv, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
А. И. Беляев, доктор сельскохозяйственных наук
К. П. Синельникова, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 23.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Работа выполнена в рамках Госзадания ФНЦ агроэкологии РАН госрегистрация № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях»; № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий»

Актуальность. Развитие деградации на аридных территориях России в последние годы приобрело устойчивую тенденцию к росту, причем отмечается усиление влияния климатических факторов, в первую очередь увеличение частоты и интенсивности пыльных бурь. **Объект.** Терри-

тория Черноземельского района Калмыкии, выбор объекта обусловлен в первую очередь тем, что результаты систематического многолетнего аэрокосмического мониторинга показали существенное влияние пыльных бурь на состояние земель, сокращение площади кормовых угодий и уменьшение поголовья скота. В работе была поставлена цель определение количественных характеристик изменения площади земель подверженных опустыниванию. Задача исследований - определение параметров и закономерностей изменения площади опустыненных земель в современных условиях, выделения главных факторов опустынивания, определение величины и скорости процессов опустынивания. **Материалы и методы.** Методология основана на использовании геоинформационного анализа космоснимков территории Черноземельского района, подверженной опустыниванию и пространственно-временном подходе к оценке трендов и динамики изменения площадей деградированных участков. **Результаты и выводы.** Полученные данные свидетельствуют о том, что даже при снижении пастбищной нагрузки в Калмыкии с 2,4 млн голов овец и коз в 2017 году до 1,75 млн голов в 2022 году, идет процесс увеличения площадей участков опустынивания. Только в Черноземельском районе прирост площади участков опустынивания составил 663 тыс. га. Этот процесс вызван в изменениями климатических факторов и в первую очередь увеличением частоты и интенсивности пыльных бурь. Меры противодействия опустыниванию должны быть связаны с восстановлением биоценозов средствами фитомелиорации, широким применением лесомелиорации на лесопригодных почвах с использованием древесных и кустарниковых пород.

Ключевые слова: мониторинг земель, опустынивание земель, космоснимки, геоинформационный анализ, дистанционное зондирование территорий.

Цитирование. Юферов В. Г., Беляев А. И., Синельникова К. П. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 465-473. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-55.

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. Опустынивание в Черноземельском районе Калмыкии в последние годы стремительно нарастает, что подтверждается увеличением площади земель с минимальным проективным покрытием травянистой растительности, в том числе и открытых, развееваемых песков. Такая ситуация особенно активно развивается в условиях повышения среднесуточной температуры воздуха и снижения количества осадков в летний период. Особый вклад в увеличение площади земель, подверженных опустыниванию, наносят участвовавшие пыльные и песчаные бури, воздействие которых приводит к уничтожению растительности и семян растений, что приводит к уменьшению проективного покрытия как в настоящем, так и в будущем. Что особенно тревожно, что такие явления отмечаются уже три года подряд, причем в 2022 году уже отмечено 2 периода пыльных бурь в мае и августе. Несмотря на сокращение пастбищной нагрузки в Черноземельском районе почти в 2 раза, по официальным данным (<https://gks.ru/dbscripts/munst/munst85/DBInet.cgi>), с 605 тыс. голов в 2017 году до 316 тыс. голов в 2021 году наблюдается увеличение площади пастбищ с проективным покрытием менее 10 %. Актуальность геоинформационного анализа изменения состояния земель с использованием данных дистанционного зондирования обусловлена тем, что с помощью него можно установить современное пространственное размещение деградированных участков с различным проективным покрытием. Решение задачи картографирования таких участков на основе результата анализа обеспечивает понимание как общего состояния сельскохозяйственных угодий, так и отдельных их участков, а также дает возможность дифференцировать территорию по степени деградации. Особое значение при этом имеет определение изменения площади деградированных участков, проходящих за определенное время, а также сопоставление таких изменений с изменением климатиче-

ских и антропогенных факторов. Такой подход позволяет определить динамику состояния растительного покрова и выделить условия, которые являются доминирующими на современном этапе развития опустынивания.

Материалы и методы. Дистанционная оценка опустынивания земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии проводится с использованием геоинформационного картографического анализа данных дистанционного зондирования участков опустынивания. Динамика прошедших изменений площади участков опустынивания проводится с использованием актуальных и архивных космоснимков, получаемых от сервиса Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Оценка степени опустынивания основывается на геоинформационной оценке результатов дистанционных исследований участков опустынивания [3]. Критерием степени деградации для земель сельскохозяйственного назначения выбрано проективное покрытие участков территории с градациями «норма», «риск», «кризис» и «бедствие» [8], так как при дешифрировании космоснимков оно является прямым признаком деградации и достоверно классифицируется как визуально, так и в режиме автоматической классификации [5].

Для оценки динамики опустынивания на территории исследований проводится исследование изменений площади участков опустыненных земель на основе данных дистанционного мониторинга [12] с использованием серии архивных космоснимков спутников серии Landsat и Sentinel 2 [2, 14]. По полученным данным проводится статистический анализ с разработкой уравнений регрессии.

Математическая и статистическая обработка результатов в программе Statistica 6 дают возможность выявить функциональные связи изменения площади опустынивания по времени и определить корреляцию изменений площади опустынивания и действующих природных и антропогенных факторов, что обеспечивает разработку модели таких изменений [10, 13].

Методология исследований основана на том положении, что изображение на снимке соответствует определенным параметрам исследуемого объекта. Геоинформационный анализ результатов съемки с применением программного комплекса QGIS 3.24 дает возможность разработать векторные контуры участков опустынивания, выявить их степень деградации и определить пространственное положение [6, 7].

По результатам геоинформационного анализа архивных космоснимков выбранного полигона исследований выделяются близкие по времени характеристики съемки (период съемки, облачность, влажность почвы) и создаются картографические слои опустынивания. Созданные слои используются для сравнения изменений на полигоне исследований и определения степени деградации. Точность полученных пространственных данных об опустынивании земель в основном определена характеристиками аппаратуры съемки и позиционирования спутника [1, 9].

Полевое эталонирование участков, подверженных опустыниванию, проводится с целью повышения достоверности интерпретации результатов съемки [15].

Выбор полигонов для определения степени деградации опустыненных земель проводится в процессе геоинформационного анализа территории исследования.

При этом опустыненным участкам в условиях аридного климата относят участки, подверженные дефляции с разреженным растительным покровом с проективным покрытием менее 10 % от зонального; территории, используемые для производства сельскохозяйственной продукции, подверженные различным видам деградации со степенью «бедствие» и «кризис»; территории, подверженные проявлениям засух и пыльных бурь, способствующих передвижению песков и гибели растительного покрова; территории с преобладанием слабогумусированных песчаных массивов; засоленные земли со степенью «бедствие» и «кризис» [4, 11].

Для общей оценки опустынивания земель с использованием геоинформационных технологий и на основе данных дистанционного зондирования создается обзорная карта территории исследований, дающая возможность выявить координаты участков опустынивания, в масштабе 1 : 1000000, 1 : 2000000. На такую карту наносят координатную сетку, границы полигонов исследований и атрибутивную информацию.

Для выявления вида опустынивания и количественной оценки площадей участков, подверженных опустыниванию, разрабатываются карты с масштабом 1 : 10000, 1 : 25000. Векторные слои контуров участков опустынивания разрабатываются на основе геоинформационного анализа космоснимков высокого и сверхвысокого разрешения.

Таким образом, применение геоинформационных технологий для картографирования опустынивания земель дает возможность использовать дистанционные зондирования для разработки крупномасштабных карт деградированных участков в условиях аридного климата. На таких картах представлены пространственные данные и количественная оценка участков опустынивания; рельеф контуров опустыненных участков; контуры почв, контуры растительных фитоценозов; виды и степень опустынивания земель.

Результаты и обсуждение. Черноземельский район расположен на юге Калмыкии и граничит с территорией Левокумского района Ставропольского края и Ногайского района республики Дагестан (рисунок 1).

Развитие геоинформационных технологий и данные дистанционной информации высокого разрешения со спутников Sentinel 2 позволили определить площади опустыненных территорий. Для исследований динамики изменения площадей опустынивания на землях сельскохозяйственного назначения был выбран период с 2017 года по настоящее время. Выбор этого периода обусловлен резким изменением климатических условий, обусловленным увеличением частоты и количества пыльных бурь (рисунок 2).

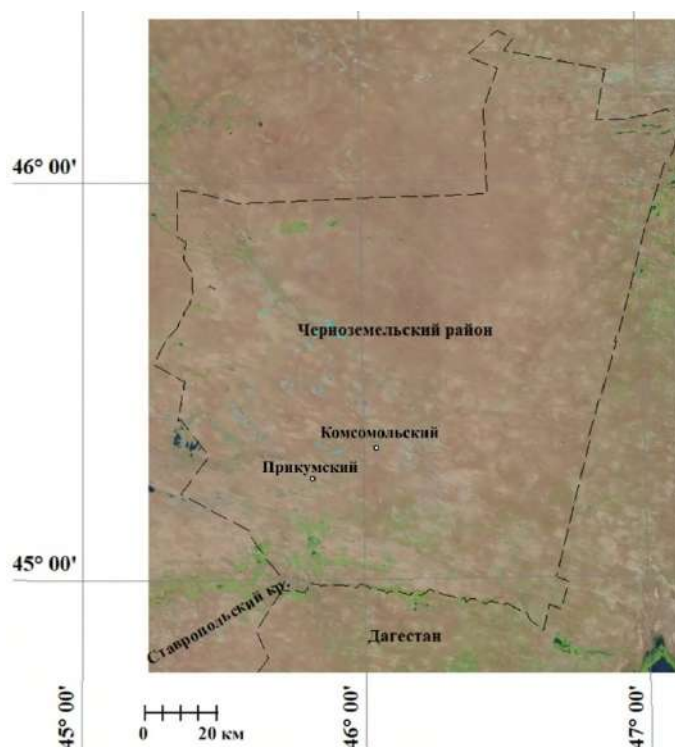


Рисунок 1 – Обзорная комокарта Черноземельского р-на Р. Калмыкия
(Sentinel 2, 24.08.2022 г.)

Figure 1 – Overview map of the Chernozemelsky district of the Kalmykia River
(Sentinel 2, 08/24/2022)

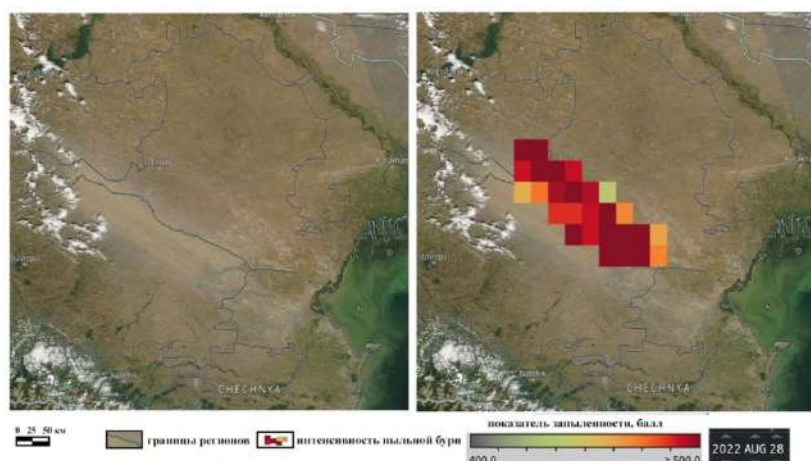


Рисунок 2 – Пыльная буря 28 августа 2022 г
(сервис Worldview, <https://worldview.earthdata.nasa.gov>)

Figure 2 – Dust storm on August 28, 2022
(Worldview service, <https://worldview.earthdata.nasa.gov>)

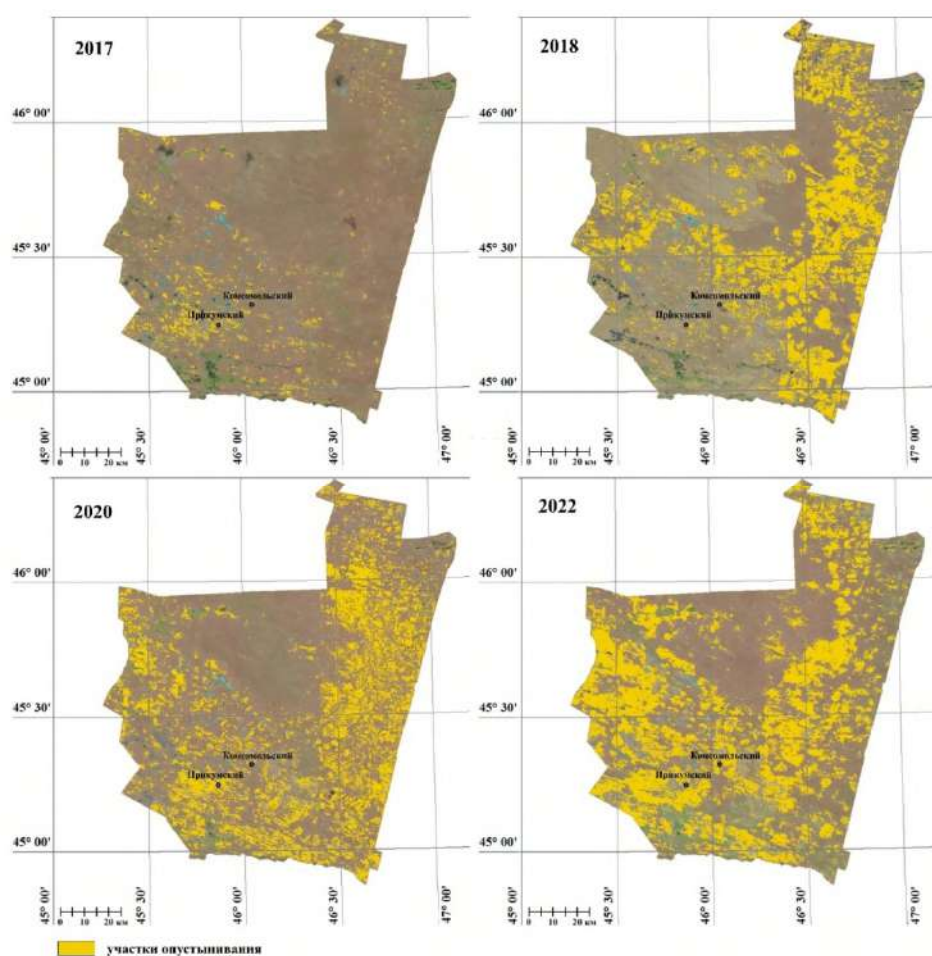


Рисунок 3 – Космоснимки территории Черноземельского района с выделенными участками опустынивания, спутник Sentinel 2 (2017-2022 год)

Figure 3 – Satellite images of the territory of the Chernozemelsky district with selected areas of desertification, Sentinel 2 satellite (2017-2022)

Если до 2020 года частота пыльных бурь на территории северо-западного Прикаспия составляла в среднем одна буря в 5 лет, то начиная с 2020 года такое явление проявляется уже три года подряд, а в 2022 году отмечены пыльные бури в конце мая и в конце августа, а по данным спутника Aqua со спектрорадиометром MODIS.

Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии оценивалось по результатам космической съемки территории спутником Sentinel 2 в период 2017-2022 год с разрешением 20 м и с точностью привязки 12 м (рисунок 3).

Дешифрирование космоснимков и применение геоинформационных технологий для классификации из изображения дает возможность выделить территории, подверженные опустыниванию, в нашем случае учитывались все площади, подверженные засолению, дефляции, антропогенной деградации, а также слабозаросшие пески.

Результаты определения опустынивания земель представлены на рисунке 4. Регрессионный анализ результатов исследования показал, что нарастание опустынивания на территории Черноземельского района Калмыкии в последние 5 лет идет по экспоненте и может быть описано уравнением 1 с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,995$, где $S_{оп}$ – суммарная площадь опустыненных участков, t – время от начала исследований, год:

$$S_{оп} = 4,83 * \exp(0,818 * t) + 177 \quad (1)$$

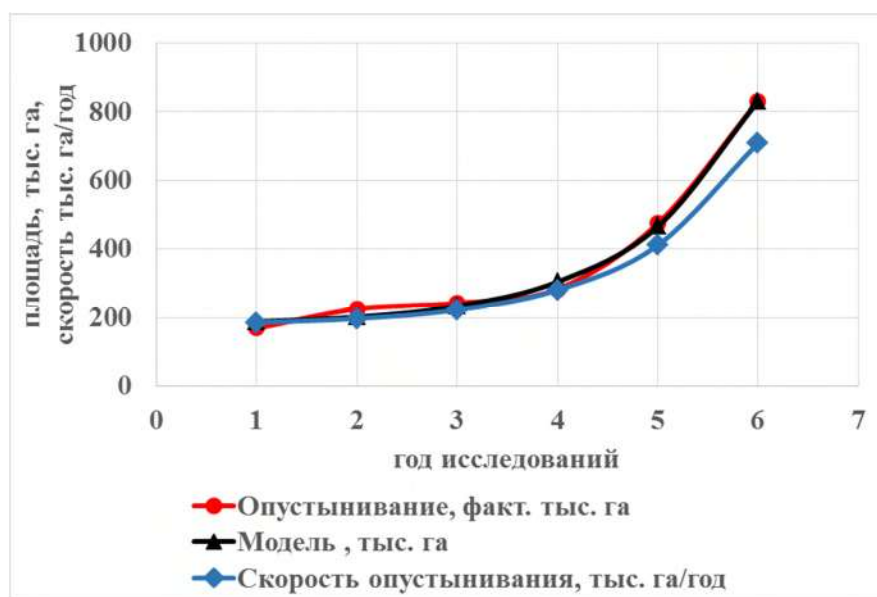


Рисунок 4 – Изменения площади опустыненных земель в 2017 -2022 г.

Figure 4 – Changes in the area of desolate lands in 2017-2022

Для выявления динамики опустынивания за последние 6 лет (рисунок 4) получена первая производная уравнения 1, представленная уравнением 2 с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,995$, где $V_{оп}$ – скорость нарастания суммарной площади опустыненных участков, t – время от начала исследований, год:

$$V_{оп} = 3,9264 * \exp(0,818 * t) + 177 \quad (2)$$

Установлено, что начиная с 2017 года идет увеличение суммарной площади участков опустынивания, к маю 2022 года отмечено увеличение этой площади в 4,9 раза с 169 тыс. га до 831 тыс. га. Выявлено увеличение скорости опустынивания земель Черноземельского района с 185,9 тыс. га/год в 2017 году до 708,5 тыс. га/год в 2022 году.

Выводы. Можно отметить, что доминирующими факторами, способствующими опустыниванию, в последнее время становятся климатические факторы, и в первую очередь увеличение количества и интенсивности пыльных бурь. Проявление пыльных бурь в мае 2020 года привело к резкому увеличению площади опустынивания, что обусловило снижение площади земель, пригодных для выпаса скота и, как следствие, снижению поголовья овец и коз с 2,41 млн голов в 2017 г. до 1,75 млн голов на 1 августа 2022 г. Пыльные бури в мае и августе 2022 г. еще более ухудшили общее состояние пастбищ на территории Черноземельского района. Воздействие пыльных бурь привело не только к увеличению площади открытых подвижных песков, но и резко уменьшили продуктивность и видовой состав фитоценозов пастбищ за счет наиболее ценных бобовых и злаковых кормовых растений. Таким образом, опустыненные участки на территории Черноземельского района к 2022 году охватили 58,5 % территории. Меры по предотвращению опустынивания земель в условиях изменения климатических условий, безусловно, должны быть связаны с восстановлением фитоценозов и созданием насаждений средствами фитомелиорации из устойчивых в существующих условиях полукустарников, полукустарничков и трав, широким применением лесомелиорации на лесопригодных почвах – с использованием древесных и кустарниковых пород.

Библиографический список

1. Афанасьев В. С. Использование геоинформационных технологий в прикладных задачах мониторинга сельскохозяйственных земель // Геоинформатика. 2022. № 2. С. 12-17.
2. Бочка Л. А., Кашницкий А. В. Макет потоковой обработки данных Sentinel-2 // Вестник Тверского Государственного университета. Серия: география и геоэкология. 2018. № 3. С. 40-56.
3. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Г. Юферов, Н. А. Ткаченко, С. С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-24.
4. Золотокрылин А. Н. Глобальное потепление, опустынивание, деградация и засухи в аридных регионах // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 1. С. 3-13.
5. Классификация космоснимков Sentinel-2 Байкальской природной территории / И. В. Бычков, Г. М. Ружников, Р. К. Федоров, А. К. Попова, Ю.В. Авраменко // Компьютерная оптика. 2022. Т. 46. № 1. С. 90-96.
6. Комарова И. А., Иванцова Е. А. Геоинформационная оценка агроландшафтов на тестовом полигоне «Черные Земли» // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 1 (61). С. 452-460.
7. Кресникова Н. И., Васильевых Н. А. Применение данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий для обеспечения территориального планирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2018. Т. 62. № 2. С. 212-217.
8. Куст Г. С., Андреева О. В., Лобковский В. А. Нейтральный баланс деградации земель – новая глобальная концепция и методология исследования засушливых регионов на национальном уровне // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 3-9.
9. Титкова Т. Б., Золотокрылин А. Н. Мониторинг подверженных опустыниванию земель Республики Калмыкия // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 2. С. 130-141.
10. Шинкаренко С. С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Чёрных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155-168.
11. Assessing soil degradation in northern Eurasia / P. Krasilnikov, O. Makarov, I. Alyabina, F. Nachtergaele // Geo- derma Reg. 2016. No 7 (1). P. 1-10.
12. Désertification et système terre: de la (re)connaissance à l'action / M. Akhtar-Schuster, M. Bernoux, Martial Chotte, Jean-Luc Stringer, Lindsay Čustović, Hamid Pietragalla, Vanina. // La revue Liaison Energie-Francophonie. 2017. № 105. P. 31-35.

13. Desertification Information Extraction Based on Feature Space Combinations on the Mongolian Plateau / Haishuo Wei, Juanle Wang, Kai Cheng, Ge Li, Altansukh Ochir, Davaadorj Davaasuren, Sonomdagva Chonokhuu // *Remote Sens.* 2018. V. 10 (10). P. 1614.

14. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China / Q. Guo, B. Fu, P. Shi, T. Cudahy, J. Zhang, H. Xu // *Remote sensing.* 2017. Vol. 9. No. 6. P. 255.

15. Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Sinelnikova K. P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures // *Arid Ecosystems.* 2022. Vol. 12. No. 1. P. 54–60.

Информация об авторах

Юферов Валерий Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник-заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: yuferevv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-1046-0196.

Беляев Александр Иванович, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, E-mail: director@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-8077-7052.

Синельникова Ксения Павловна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: sinelnikova-k@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-0778-1762.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-56

RECUITIVATION AND RETURN OF LAND TO AGRICULTURAL CIRCULATION AFTER OIL PRODUCTION (ON THE EXAMPLE OF THE ORENBURG REGION)

I. N. Glushkov^{1,2}, K. V. Myachina¹

¹*Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia*

²*Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia*

Received 08.09.2022

Submitted 25.11.2022

The work was carried out within the framework of the state task of the Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (No. GR AAAA-A20-120011390069-6), as well as with the financial support of the RFBR (grant no. 20-05-00122A, no. GR AAAA-A20-120011390069-6)

Summary

The paper presents studies of the peculiarities of the return to circulation of agricultural land in the Orenburg region after the completion of oil production works on them. The official provisions concerning reclamation are given, according to the current regulatory legal acts of the Russian Federation. The possibility of considering the process of reclamation as a stage of functioning of natural and man-made geosystems of oil fields is substantiated. The compositions of the technical and biological stages of reclamation are analyzed. The progress of the implementation of the measures of the technical stage of reclamation is studied step by step, the positive and negative sides of the issue are identified, measures to optimize the process are proposed.

Abstract

Introduction. The practice of returning land to agricultural circulation after subsurface use and their reclamation has only about 80 years. In the Soviet Union, reclamation officially began to be carried out in 1959. The current regulation on reclamation and the requirements for it in the Russian Federation are formed according to the Soviet standard, which in a general sense is still relevant. The reclamation process clearly implies the implementation of a set of actions during a certain time period, that is, it has all the signs of functioning. At the same time, the quality of reclamation measures and the factors influencing it play an important role in the socio-economic and national economic spheres, therefore, the aspect under study is relevant. **An object.** The object of the study is the process of

recultivation and return of land to agricultural circulation after oil production. **Materials and methods.** In the course of the research, an analysis of the regulatory framework and statistics of practical examples was carried out to assess the essence of poor-quality reclamation due to the human factor. To visualize the processes under study, satellite images and images obtained with the help of an unmanned aerial vehicle from the territory of the Orenburg region were used in the work. **Results and conclusions.** It has been established that in the vast majority of cases, the results of poor-quality reclamation are a consequence of the human factor at various stages. In this regard, appropriate recommendations were formulated for the technical stage. According to the biological stage, shortcomings of quality control of its implementation were identified, therefore it was recommended to adjust the system of its monitoring in various directions. At the same time, the expediency of performing step-by-step monitoring of all operations by state authorities and the customer of the work has been proved. The Rosselkhoz nadzor should be involved in this activity as a state representative, given that we are talking about agricultural land. The urgency of creating a body for the control and monitoring of reclamation as a whole is justified, which would allow for more targeted control over its technical stage, and carry out checks on the implementation of the biological stage.

Keywords: oil production, agricultural lands, stages of reclamation, steppe zone, Orenburg region.

Citation. Glushkov I. N., Myachina K. V. Recultivation and return of land to agricultural circulation after oil production (on the example of the Orenburg region). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 473-486 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-56.

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

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

УДК 504.062.4

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ВОЗВРАТ ЗЕМЕЛЬ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ ПОСЛЕ НЕФТЕДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)

И. Н. Глушков^{1,2}, кандидат технических наук, научный сотрудник
К. В. Мячина¹, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник

¹Институт степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург

²Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 08.09.2022

Дата принятия к печати 25.11.2022

*Работа выполнена в рамках гос. задания ИС УРО РАН (№ГР АААА-А20-120011390069-6),
а также при финансовой поддержке РФФИ
(грант № 20-05-00122А, № ГР АААА-А20-120011390069-6)*

Актуальность. Практика возврата земель в сельскохозяйственный оборот после недропользования и их рекультивации насчитывает всего около 80 лет. В Советском Союзе рекультивацию официально начали проводить с 1959 года. Современное положение о рекультивации и требования к ней в Российской Федерации формируются согласно советскому стандарту, который в общем смысле до сих пор актуален. Процесс рекультивации явно подразумевает выполнение комплекса действий в течение определенного временного отрезка, то есть имеет все признаки функционирования. При этом качество проведения рекультивационных мероприятий и влияющие на него факторы имеют большое значение в социально-экономической и народнохозяйственной сферах, поэтому исследуемый аспект является актуальным. **Объект.** Объектом исследования является процесс рекультивации и возврата земель в сельскохозяйственный оборот после нефтедобычи. **Материалы и методы.** В ходе выполнения исследований проводился анализ нормативно-правовой базы и статистики практических примеров для оценки сущности некачественной рекультивации из-за человеческого фактора. Для визуализации исследуемых

процессов в работе использовались космоснимки и снимки, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата с территории Оренбургской области. **Результаты и выводы.** Установлено, что в подавляющем большинстве случаев результаты некачественной рекультивации являются следствием человеческого фактора на различных этапах. В этой связи по техническому этапу были сформулированы соответствующие рекомендации. По биологическому этапу выявлены недостатки контроля за качеством его выполнения, поэтому было рекомендовано корректировать систему его мониторинга по различным направлениям. При этом доказана целесообразность выполнения пошагового мониторинга всех операций силами государственных инстанций и заказчика работ. Следует в качестве государственного представителя привлечь к данной деятельности Россельхознадзор, учитывая, что речь идет о землях сельскохозяйственного назначения. Обоснована актуальность создания органа для проведения контроля и мониторинга рекультивации в целом, что позволило бы осуществлять более адресный контроль за ее техническим этапом, и проводить проверки выполнения биологического этапа.

Ключевые слова: нефтедобыча, рекультивация земель, этапы рекультивации, степная зона, сельскохозяйственный оборот земель.

Цитирование. Глушков И. Н., Мячина К. В. Рекультивация и возврат земель в сельскохозяйственный оборот после нефтедобычи (на примере Оренбургской области). *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 473-486. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-56.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали 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. Существование и взаимодействие на одной территории двух несочетающихся видов природопользования – сельскохозяйственного и горнопромышленного, часто приводит к формированию определенных эколого-социально-экономических вызовов на различных масштабных уровнях геосистем. Мировой опыт возврата земель в сельскохозяйственный оборот после недропользования, и в частности, опыт по их рекультивации как общепринятой практики, насчитывает всего около 80 лет. В СССР рекультивацию официально начали проводить с 1959 г. в Эстонской ССР при добыче сланцев, в РСФСР – при добыче бурого угля и в Украинской ССР – при добыче железных руд [17]. Современное положение о рекультивации и требования к ней в Российской Федерации формируются согласно советскому стандарту, который в целом актуален и по сей день [2, 7].

Так, согласно ч. 5 ст. 13 Земельного Кодекса РФ, рекультивация земель представляет собой мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почв, восстановления плодородного слоя почвы, создания защитных лесных насаждений [5]. Процесс рекультивации явно подразумевает выполнение комплекса действий в течение определенного временного отрезка, т.е. имеет все признаки функционирования.

Можно заключить, что рекультивацию нарушенных земель целесообразно рассматривать как этап функционирования природно-техногенной геосистемы.

Задача работы – выявить ход выполнения и особенности рекультивации сельскохозяйственных земель, нарушенных при разработке нефтяных месторождений в степной зоне Оренбургской области, для их возврата в целевой оборот.

Материалы и методы. В соответствии с Федеральным Законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель.

Рекультивацию нарушенных земель осуществляют последовательно в два этапа (технический, биологический) согласно требованиям ГОСТ 17.5.1.01-8310 и с учетом наилучших доступных технологий (НДТ) [13].

Техническая рекультивация земель (инженерно-технический этап) включает подготовку территории для последующего целевого использования [2, 4]. Этот этап предусматривает проведение планировочных работ, формирование откосов, снятие и нанесение плодородного слоя почвы, устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель по целевому назначению [3] или для проведения мероприятий по восстановлению плодородия почв (рисунок 1).



Рисунок 1 – Содержание технического этапа рекультивации

Figure 1 – The content of the technical stage of reclamation

Техническая рекультивация должна выполняться сразу после завершения деятельности, приведшей к нарушению земель или их деградации, а если это возможно, то и по ходу ее, как, например, в случае со строительством линейных сооружений. Технический этап рекультивации является подготовительным для последующего биологического этапа [1, 6].

Биологический этап рекультивации также предусматривает определенный комплекс мероприятий (рисунок 2).



Рисунок 2 – Содержание биологического этапа рекультивации

Figure 2 – The content of the biological stage of reclamation

Биологический этап рекультивации проводится с применением общепринятых агротехнических мероприятий. Для восстановления нарушенного пахотного плодородного слоя почвы и почвенной биоты необходимо обязательно вносить органические и минеральные удобрения. Внесенные удобрения улучшают водно-физические свойства, обогащают почву органическим веществом, улучшают водо- и воздухопроницаемость поверхностных горизонтов и способствуют усиленному выделению углекислоты при разложении отмерших органических веществ и дыхании растений [9]. При проведении биологического этапа используют ассортимент видов растений, рекомендованный для конкретного региона.

Результаты и обсуждение. Рекультивация является составной частью завершающего этапа функционирования природно-техногенной геосистемы нефтяного месторождения и проводится согласно проектной документации.

В общем смысле рекультивация земель должна обеспечить их восстановление до состояния, которое соответствовало бы уровню качества, позволяющего использовать данные территории в соответствии как с их целевым назначением, так и с разрешенным использованием. Другими словами, после проведения всех этапов рекультивации для признания её результатов удовлетворяющими означенным выше моментам необходимо, чтобы рекультивированные земли соответствовали нормативам качества окружающей среды и требованиям законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [8]. Поскольку в работе мы рассматриваем ситуацию применительно к добыче нефти на сельскохозяйственных территориях, к сказанному выше добавляется еще и необходимость соответствия восстановленных земель соответствующим нормам и правилам по части обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения [2, 3].

Учитывая высказанное выше дополнение, следует разъяснить отличие в отношении изменения ландшафтов при добыче на землях лесного фонда, что наиболее характерно в нашей стране для регионов Сибири, и более характерного для степной зоны случая добычи на сельскохозяйственных землях (т.е. в условиях агроландшафтов). В общем смысле рекультивационные мероприятия хотя и будут иметь для этих случаев отличия по содержанию, но по форме это и в первом, и во втором варианте будут два этапа – технический и биологический. В контексте же вопросов сохранности ландшафтов природно-географическая зональность существенно влияет на окончательный результат. При добыче нефти в условиях лесной зоны в подавляющем большинстве случаев будет производиться воздействие на естественный природный ландшафт и, соответственно, рекультивационные мероприятия в подобных условиях должны быть ориентированы на максимально возможный возврат к первоначальному состоянию территории. В свою очередь, при нефтедобыче на землях сельскохозяйственного назначения добывающая организация нарушит не первичный ландшафт, а агроландшафт. Для последнего случая рекультивация имеет не столько экологическое, сколько народно-хозяйственное и экономическое значение, так как главным критерием успешности рекультивации на таких землях будет восстановление их плодородия до уровня, имевшего место до начала разработки участка (в некоторых случаях теоретически возможно достичь и повышения качества агроландшафта относительно потребностей сельхозпроизводителей). Для описанных выше случаев предлагается использовать такие понятия, как рекультивация первичного ландшафта и рекультивация агроландшафта соответственно.

Поскольку наша работа ориентирована в первую очередь на Оренбургскую область, где более двух третей лицензионных участков на право добычи нефти размещены на землях сельскохозяйственного назначения, далее будем рассматривать ситуацию,

характерную для степной зоны, т.е. рекультивацию агроландшафтов. При этом, согласно сказанному выше, следует отметить, что данный случай вписывается в сферу оптимизации взаимодействия природных и социально-экономических систем, решая определенные проблемы степного природопользования.

Строительные работы по снятию и восстановлению плодородного слоя почвы (технический этап) производится силами генерального строительного подрядчика в технологической последовательности. Мероприятия по технической рекультивации должны охватывать площадки для размещения бурового оборудования с нефтешламовым амбаром и объектами необходимой для работ инфраструктуры и проводится не одновременно для всех элементов, а в определенном порядке, предусмотренном технологией. Любые нарушения, выявляемые по итогам проведения оценки состояния и приемки земельного участка специальной комиссией после рекультивации, фиксируются актом о нарушениях. В результате этого в обязательном порядке будет проведена соответствующая ситуации доработка технического этапа рекультивации. По итогам исправления всех выявленных нарушений формируется новый документ – акт приемки-сдачи рекультивированного участка. Формулировка «рекультивированный» здесь не должна вводить в заблуждение – речь именно о завершении только технического этапа.

Технической рекультивации подлежит не только место размещения бурового оборудования, но и места размещения необходимой инфраструктуры. Это видно на примере исследований рекультивации одного из линейных объектов. Ниже показан земельный участок по состоянию на 2019 г., за два года до начала строительства объекта (рисунок 3). Космоснимок получен из архива сервиса Планета Земля (Googl Earth).



Рисунок 3 – Изображение участка исследования перед проведением работ (2019 г.)

Figure 3 – Image of the research area before the work (2019)

На рисунке 4 показано состояние территории в первый год работы. На снимке хорошо видно, что в тех случаях, когда это возможно, техническая рекультивация производится не после завершения создания объекта, а по ходу его строительства. Как можно заметить, здесь часть участка уже технически рекультивирована (цикл 200 метров). При этом вблизи нерекультивированных фрагментов складированы минеральный грунт и ПРС для дальнейшей рекультивации (рисунок 4).



Рисунок 4 – Момент строительно-монтажных работ элемента линейной инфраструктуры для нужд нефтедобычи и начальный этап технической рекультивации (съемка с БПЛА)

Figure 4 – The moment of construction and installation works of a linear infrastructure element for the needs of oil production and the initial stage of technical reclamation (shooting from a UAV)

На следующем снимке показана ситуация на текущий момент (рисунок 5).



Рисунок 5 – Завершающие работы технического этапа рекультивации участка исследования по состоянию на 2022 г.

Figure 5 – The final works of the technical stage of the reclamation of the site where the study was conducted, as of 2022

Как видно, фрагменты, не рекультивированные в 2021 г. (рисунок 4), теперь находятся на стадии технической рекультивации (рисунок 5): минеральный грунт уже разровнен, но вернуть и распределить ПРС еще только предстоит. Такой вывод можно сделать исходя из того, что, в отличие от изображения на рисунке 4, здесь отсутствует складированный ранее слой минерального грунта, который возвращен на раскопанную ранее территорию, а складированный ПРС еще находится на том же месте, что и годом ранее. При этом заметно, что складированный ПРС несколько просел за год. Данную ситуацию планируется подробнее рассмотреть в следующих работах.

Рассмотрев пример рационально проводимой технической рекультивации, отметим, что при выполнении данных работ возможно и положительное, и отрицательное влияние на рельеф, состав почвы и т.д.

Говорить об отрицательном влиянии рекультивации на местность можно именно в контексте некачественного выполнения, нарушения или ненадлежащего и неполного соблюдения технологии и т.д. Учитывая, что техническая рекультивация в обычном случае не подразумевает особой сложности в технологии, всё сводится только к качеству выполнения необходимых действий. Самым распространенным последствием проведения технического этапа рекультивации с нарушениями является образование на почве вкраплений минерального грунта. Пример подобной ситуации можно видеть на снимке, показанном на рисунке 3: где показан участок сельхозугодий, где проводились работы по нефтедобыче, но после рекультивации. На изображении отчетливо видны «рыжие пятна» на почве, то есть участки минерального грунта (рисунок 6).



Рисунок 6 – Пример вкрапления минерального грунта в результате некачественного проведения технической рекультивации

Figure 6 – Example of mineral soil inclusions as a result of poor-quality technical reclamation

Помимо сказанного выше, следует отметить еще один момент, сказывающийся на итоговом качестве результатов технической рекультивации: при подготовке площадки к проведению технической рекультивации она должна быть зачищена в полном объеме. В противном случае под разровненным плодородно-растительным слоем возможно сокрытие твердых отходов, как бытовых, так и промышленных [14]. В таком случае при дальнейшей почвообработке в рамках сельскохозяйственного производства элементы такого загрязнения могут оказаться на поверхности поля и, соответственно, будут выявлены.

Рассмотренные возможные варианты результатов некачественной технической рекультивации очень показательны. Если первый случай – ненадлежащее выполнение технологических операций – можно в какой-то степени объяснить погрешностями в работе техники, ее некорректным подбором и неверной настройкой, то второй вариант полностью относится к человеческому фактору. По большому счету, сюда можно отнести и первый, так как все вопросы, связанные с оборудованием, определяются лицами, отвечающими за выполнение конкретных действий. Соответственно, решением данной проблемы может стать следующее:

- повышение квалификации всех задействованных сотрудников, ознакомление их с соответствующими рекомендациями и результатами научных исследований;
- повышение экологической и юридической грамотности сотрудников (так как халатное отношение к своим обязанностям может быть не результатом человеческих качеств, а недостаточным пониманием значимости последствий совершаемых им неправильных действий);
- разработка более гибких подходов, позволяющих учитывать частные особенности конкретного участка;
- разработка пошагового мониторинга всех операций и надзора за ними в течение всего процесса их выполнения, а не только по окончании работ.

На сегодняшний же момент, в случае наличия замечаний, которые не позволяют принять буровую площадку и элементы инфраструктуры после окончания работ по технической рекультивации, составляется акт выявленных замечаний. При устранении подрядной организацией замечаний, указанных в акте, процедура приема-передачи выполняется повторно. При подписании акта приема-передачи земельного участка землепользователем цикл работ по технической рекультивации считается окончанным.

Состояние ландшафта относительно его изначального вида после проведения технической рекультивации может быть как отрицательным, так и положительным. Негативные воздействия на ландшафт в значительной степени компенсируются качественно проведенной технической рекультивацией. Говоря же о дополнительных позитивных результатах, подразумевается в первую очередь польза для сельского хозяйства. Глобально изменения не повлияют на общий рельеф территории, но, возможно, в частности, сглаживание небольших лощин и других неровностей поля, в результате чего весенние талые воды более равномерно распределяются по поверхности и не смывают плодородный слой (рис. 7). Соответственно, в подобном случае можно говорить о противодействии водной эрозии почв, что, применительно к агроландшафту, вписывается в понятие охраны земель [10] как комплексного подхода к их использованию с учетом их зональных и региональных особенностей.



Рисунок 7 – Пример дополнительного положительного эффекта от рекультивации: а – вид участка до рекультивации, б – вид участка после проведения рекультивации

Figure 7 – An example of an additional positive effect of reclamation: a – the condition of the site before reclamation, b – the condition of the site after reclamation

Создание площадных объектов на землях сельскохозяйственного назначения позволяет обеспечить дополнительное снегозадержание, так как проезд к территории работ в зимний период расчищается от снега, в результате чего на полях образуются валы из снежной массы (рисунок 8). Значимость снегозадержания для сельскохозяйственных угодий в условиях степной зоны изложена в работах 8 и 16.

В проектах рекультивации больших площадных объектов обязательно присутствует площадка складирования грунта (на случай консервации объекта), но, как правило, при длительной эксплуатации объекта такие бурты минерального грунта подвергаются воздействию различных негативных факторов – воздушной и водной эрозии, проседанию и др. – и приходят в негодность. На практике в подобном случае ПРС в результате технической рекультивации возвращается более толстым слоем, за счет чего

увеличивается полезный объем плодородного слоя почвы, что приносит очевидный положительный эффект сельскому хозяйству. При этом если наступает стадия консервации или ликвидации объекта, то, как правило, необходимое количество ПРС закупается для проведения рекультивации.



Рисунок 8 – Участок накопления снежной массы, образованный при расчистке дороги к объекту (Западное Оренбуржье)

Figure 8 – The area of accumulation of snow mass formed during the clearing of the road to the object (Western Orenburg region)

За выполнение биологического этапа рекультивации в подавляющем большинстве случаев отвечает собственник земельного участка, выступающий в данном случае как подрядчик (юридическое лицо), нанятый добывающей организацией. Формально именно данное лицо полностью отвечает за результат выполнения биологической рекультивации на протяжении всех трех лет ее проведения и за конечный результат. При этом важно иметь в виду, что выплаты подрядчику, требуемые на выполнение работ, осуществляются заблаговременно – как правило, сразу в полном объеме после подписания акта приемки технической рекультивации.

Сам процесс, как известно [9, 11], подразумевает длительный цикл, в течение которого на прошедший техническую рекультивацию участок должны вноситься удобрения согласно обоснованной и утвержденной документально схеме, а также выполняться все прочие операции соответствующие схеме, представленной на рисунке 2. При этом контроль за исполнением обязательств и соблюдением при этом технологии на сегодняшний день практически всегда возлагается на самого собственника земли. То есть на выходе получается, что выполнение биологической рекультивации и контроль за этим процессом находятся в ведении одного и того же лица. В целом данный контроль мог бы быть возложен и на заказчика работ, что не противоречит законодательству РФ, но на сегодняшний день данный вариант избегается добывающими организациями – по причинам, указанным ниже, им более безопасен первый вариант. Дело в том, что контроль со стороны заказчика на практике показал серьезные риски возникновения коррупционной составляющей. В качестве примера можно привести случай возбуждения уголовного дела, произошедший в первом десятилетии двухтысячных годов в Оренбургской области. Представитель маркшейдерской службы заказчика (одна из крупных нефтегазодобывающих компаний, работающих в регионе, название которой не будем приводить по репутационным соображениям), непосредственно выполняя контроль за проведением биологической рекультивации согласно договору, вступил в

преступный сговор с собственниками земель. В результате ими присваивались денежные средства, выплачиваемые организацией за выполнение биологической рекультивации, хотя в реальности она не выполнялась. В результате работы правоохранительных органов данная ситуация была пресечена и виновные лица понесли наказания согласно законодательству, однако из-за возможности повторения подобных случаев добывающие компании не хотят брать на себя ответственность за контроль над биологическим этапом. К тому же, даже в случае проведения контролирующей деятельности в данном вопросе без всяческих нарушений закона, компания может нести репутационные убытки, так как имевшиеся прецеденты будут создавать предвзятое общественное мнение.

Во избежание подобных рисков, на сегодняшний день на практике представители заказчика не участвуют в данном процессе. Соответственно, как отмечалось выше, вся ответственность по рассматриваемому вопросу возлагается на подрядчика-собственника земельного участка.

На первый взгляд такая ситуация должна быть наиболее благоприятной, так как за качество результата биологической рекультивации участка отвечает его собственник. Однако на деле может наоборот сложиться крайне негативная ситуация. Подрядчик (владелец участка) имеет возможность действовать полностью по своему усмотрению, так как результат его деятельности никому, кроме него, не подконтролен. Единственным его обязательством является лишь отчет перед налоговой службой о приобретении всех предусмотренных договором средств для выполнения биологической рекультивации, при этом сам факт ее проведения подтверждения не требует, так как это не сфера деятельности налоговой инспекции. Соответственно можно сделать вывод о том, что ситуации, при которых собственник-подрядчик не выполняет биологическую рекультивацию или выполняет ее не в полной мере, с нарушениями технологии и сроков возвращения участка в сельскохозяйственное производство, являются возможными [7]. Пример описанной проблемы, имеющий место в Оренбургской области, показан на рисунке 9.



Рисунок 9 – Пример халатного отношения к биологической рекультивации: а – 2021 год; б – 2022 год

Figure 9 – Example of negligent attitude to biological reclamation: a - 2021; b - 2022

Фото, показанное на рисунке 9(а), сделано в 2021 году после проведения технической рекультивации. На нем отчетливо видно, что она проведена качественно, так как на поверхности отсутствуют следы минерального грунта. При этом на другом фото, ри-

сунок 9(б), выполненном в 2022 г. после проведения посевных работ в 2021 г., видно, что на участке, где ранее осуществлялось строительство линейного сооружения, появились значительные вкрапления минерального грунта, что является следствием невыполнения биологической рекультивации на участке.

Показанный пример хорошо иллюстрирует возможность халатного отношения собственников земельных участков к биологической рекультивации. Причины может быть две. Первая – непонимание значимости биологического этапа (готовность эксплуатировать почву лишь на основании того, что на участок возвращен плодородный слой), что маловероятно, так как сельхозтоваропроизводители, пользуясь своим опытом, должны понимать важность готовности почвы к производственным процессам. Второй вариант выглядит более реальным – попытка получить помимо средств от добывающей компании на биологический этап (включающих, в том числе, и компенсацию за потери от простоя участка на время рекультивации), еще и прибыль от использования участка в растениеводстве. Несмотря на то, что результат с точки зрения урожайности культур может оказаться невысоким, а преждевременная эксплуатация такого поля недопустима как с экологической, так и с хозяйственной точек зрения [15] (земли на таком участке с большой вероятностью начнут деградировать серьезными темпами из-за нарушения технологического комплекса рекультивации), собственник руководствуется только сиюминутной прибылью и тем фактом, что на практике его деятельность не подконтрольна ни заказчику, не государственным и муниципальным инстанциям.

Если оценить масштаб нефтедобычи на сельскохозяйственных землях в Оренбургской области и по стране в целом, то становится очевидно, что данную ситуацию можно рассматривать, как одну из главнейших на данный момент проблем, возникающих в результате функционирования природно-техногенных геосистем.

Выводы. Очевидно, что все рассмотренные негативные ситуации, возникающие в ходе рекультивации земель с целью их возврата в сельскохозяйственный оборот, имеют место только из-за человеческого фактора. Для того чтобы преодолеть выявленные проблемы, необходим комплекс мер экологического, законодательного и экономического характера, но очевидно, что начать требуется с организации контроля за деятельностью подрядчиков-собственников земельных участков по проведению биологического этапа рекультивации. При этом целесообразно было бы выполнять пошаговый мониторинг всех операций силами как государственных и муниципальных инстанций, так и заказчика работ. Учитывая, что речь идет о землях сельскохозяйственного назначения, целесообразно было бы в качестве государственного представителя привлечь к данной деятельности Россельхознадзор и его соответствующие региональные структуры. При необходимости можно было бы создать специальный отдел или подразделение для проведения контроля и мониторинга за рекультивацией в целом – это бы позволило осуществлять более адресный контроль за техническим этапом и проводить плановые и внеплановые проверки выполнения биологического этапа. Добывающие компании в качестве своего представителя могли бы нанимать группы независимых экспертов, составленных преимущественно из числа ученых разного профиля: геоэкологов, агрономов, агроинженеров, экономистов и т.д. При этом сделать отчетность о данных мониторинга взаимопрозрачной для всех сторон, на законодательном уровне принять перечень критериев такого мониторинга и обязать и заказчика, и подрядчика-собственника обеспечить допуск соответствующих комиссий на объект.

Библиографический список

1. Брыжко В. Г. Назначение восстановления нарушенных земель в современных экономических условиях // Фундаментальные исследования. 2017. № 6. С. 105-110.

2. Волков С. Н. Правовое и экономическое стимулирование работ по землеустройству в целях освоения, организации рационального использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2017. № 4 (147). С. 6-11.
3. Воронцова З. И., Шартан М. В., Сомова Д. Ю. Пути решения неэффективного использования земель сельскохозяйственного назначения // *Современная наука: теоретический и практический взгляд: сборник научных трудов по материалам XIII региональной научной конференции*. 2016. С. 105-109.
4. Долматова О. Н., Щерба В. Н., Банагина А. А. Организация работ по проведению рекультивации нарушенных земель на месте куста скважины Вынгпуровского месторождения ЯНАО // *Геодезия, землеустройство и кадастр: наука и производство: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию высшего геодезического образования в Омском ГАУ*. Омск: Омский ГАУ, 2018. С. 228-231.
5. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ.
6. Косинский В. В. Природоохранный аспект в землеустройстве // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2017. № 1. С. 20-24.
7. Липски С. А. Для восстановления деградированных и нарушенных земель требуется обновленное законодательное регулирование // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2018. № 11. С. 45-49.
8. Мячина К. В., Краснов Е. В. Пути оптимизации степных ландшафтов в условиях добычи нефти и газа // *Юг России: Экология, развитие*. 2021. № 1 (58). С. 76-86.
9. Назаренко Е. Б., Гамсахурдиа О. В. Биологическая рекультивация техногенных ландшафтов // *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*. 2013. № 4. С. 183-187.
10. Негативное влияние механизированной почвообработки на агроландшафты и пути её минимизации / М. М. Константинов, И. Н. Глушков, С. С. Пашинин, В. Р. Мухамедов, С. С. Базыло // *Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: материалы национальной с международным участием научно-практической конференции*. 2021. С. 88-93.
11. Особенности формирования и принципы функционирования техногеосистем нефтегазовых месторождений / К. В. Мячина, В. П. Петрищев, А. А. Чибилёв, Е. В. Краснов // *География и природные ресурсы*. 2021. № 1. С. 16-24.
12. Оценка качества снегозадержания на стерневых кулисах, сформированных при работе порционной жатки со специальным устройством / М. М. Константинов, И. Н. Глушков, Ю. И. Коровин, С. С. Пашинин // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева*. 2019. № 1 (41). С. 114-119.
13. Стефанцова Т. В. Особенности организации землеустроительных работ при рекультивации нарушенных земель // *Актуальные проблемы экономики, социологии и права*. 2018. № 4. С. 56-58.
14. Технологические особенности проведения землеустроительных мероприятий на техногенно загрязненных землях / И. Н. Глушков, И. В. Герасименко, Н. В. Бабенышева, М. Р. Курамшин, А. Г. Ландык // *Тенденции развития науки и образования*. 2022. № 85. Ч. 2. С. 104-106.
15. Тормозов Д. Д., Старцев А. С. Совершенствование технологического процесса отвальной обработки почвы с одновременным внесением гелеобразных и пастообразных удобрений // *Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России: материалы конференции*. 2017. С. 170-173.
16. Features of snow retention and counteraction to wind erosion of soils due to high stubble residues formed by a reaper designed for two-phase harvesting by batch method / M. Konstantinov, I. Glushkov, A. Nesvat, I. Gerasimenko, I. Ognev // *Proceedings of International conference «International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment, ICMTMTE 2020»*, September 07-11, Sevastopol, 2020. P. 01016.
17. Neftegaz. <https://neftgaz.ru/tech-library/ekologiya-pozharnaya>.

Информация об авторах

Глушков Иван Николаевич, доцент кафедры землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет» (460014, Оренбург, ул. Челюскинцев 18) / научный сотрудник Института степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН (460000, Оренбург, ул. Пионерская, 11), кандидат технических наук, e-mail: i-n-g2012@yandex.ru, тел.: +79619241906.

Мячина Ксения Викторовна, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом природно-техногенных геосистем Института степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН (460000, Оренбург, ул. Пионерская, 11), доктор географических наук, e-mail: mavicsen@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-57

**ENERGY EFFICIENT GRAIN DRYING TECHNOLOGY
USING SOLAR ENERGY**

N. Yu. Kurchenko, Yu. V. Daus, A. V. Kvitko, D. N. Grischenko

FSBEI HE «Kuban State Agrarian University», Russia, 350044, Krasnodar

Received 06.08.2022

Submitted 02.12.2022

*The study was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation
within the framework of the scientific project No. MFI-20.1/27*

Summary

The article analyzes the possibility of using air solar collectors for drying grain crops on the example of the existing agricultural enterprise in the south of Russia, the main activity of which is the cultivation of grain crops by LLC Kuban Rise (Poltavskaya station, Krasnodar Territory). The fundamental energy possibility of using solar collectors for drying grain has been revealed.

Abstract

Introduction. The problem of high and inefficient energy consumption is always one of the top priorities and can be solved through the use of solar energy utilization technologies. Dryers with heat generators of direct or indirect heating, operating on diesel fuel, are widely used. The cost of energy resources for post-harvest drying of grain can reach 30% of all production costs. Therefore, by increasing the energy efficiency of the drying process, it is possible to reduce the cost of grain and increase the profitability of production. **The purpose of the study** is to analyze the possibility of using air solar collectors for drying grain for the real agricultural enterprise in the south of Russia. **An object.** The enterprise, the main activity of which is the cultivation of grain crops LLC "Kuban rice" (Poltavskayastanitsa, Krasnodar Territory). **Materials and methods.** To calculate the performance of the solar collector, standard method for calculating the thermal regime of the collector was applied. **Results and conclusion.** The volume of fuel used for drying is 2.2 liters (1.89 kg) of diesel fuel per 1 ton with 1% moisture removed. The analysis of the technical characteristics of solar collectors from world manufacturers (Grammer Solar, BUSO, Valliant) shows that from the energy point of view, solar collector of up to 10 m² can produce up to 27 MJ / h (TwinSolar 10, TwinSolar 12.55) when supplying 350 m³ / h of heated air. With the average day length of 12 hours, taking into account weather conditions, the energy yield will not exceed 280 MJ/day. Thus, there is a fundamental energy possibility of using solar collectors for drying grain.

Key words: *solar collectors, grain drying, energy output.*

Citation. Kurchenko N. Yu., Daus Yu. V., Kvitko A. V., Grischenko D. N. Efficient technology in agricultural production using solar radiation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 486-492 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-57.

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 621.3

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ЗЕРНА,
ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ****Н. Ю. Курченко**, кандидат технических наук**Ю. В. Даус**, кандидат технических наук**А. В. Квитко**, старший преподаватель**Д. Н. Грищенко**, аспирант*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
им. И. Т. Трубилина», г. Краснодар*

Дата поступления в редакцию 06.08.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

***Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда
в рамках научного проекта № МФИ-20.1/27***

Актуальность. Проблема высокого и неэффективного потребления энергии всегда является одной из первоочередных и может быть решена за счет использования технологий утилизации солнечной энергии. Широкое распространение получили сушилки с теплогенераторами прямого или косвенного нагрева, работающие на дизельном топливе. Затраты энергоресурсов на послеуборочную сушку зерновых могут достигать 30 % всех затрат на производство. Следовательно, повысив энергоэффективность процесса сушки, можно снизить себестоимость зерна и повысить рентабельность производства. **Цель исследования** – проанализировать возможность применения воздушных солнечных коллекторов для сушки зерновых для реального сельскохозяйственного предприятия юга России. **Объект исследования.** Хозяйство, основным видом деятельности которого является выращивание зерновых культур ООО «Кубань рис» (ст. Полтавская Краснодарского края). **Материалы и методы.** Для расчета производительности солнечного коллектора использована стандартная методика расчета теплового режима коллектора. **Результаты и выводы.** Объем топлива, затраченного на сушку, составляет 2,2 л (1,89 кг) дизельного топлива на 1 т со снятием 1 % влажности. Анализ технических характеристик солнечных коллекторов мировых производителей (GrammerSolar, BUSO, Valliant) показывает, что с энергетической точки зрения с 10 м² солнечного коллектора можно получить до 27 МДж/ч (TwinSolar 10, TwinSolar 12, 55) при подаче 350 м³/ч нагретого воздуха. При средней долготе дня 12 ч с учетом погодных условий энергетический выход составит не более 280 МДж/сут. Таким образом, существует принципиальная энергетическая возможность применения солнечных коллекторов для сушки зерновых.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, сушка зерна, технологии сушки зерна, энергетический выход.

Цитирование. Курченко Н. Ю., Даус Ю. В., Квитко А. В., Грищенко Д. Н. Эффективная технология в сельскохозяйственном производстве, использующая солнечную радиацию. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 486-492. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-57.

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. Важнейшая задача сельского хозяйства – обеспечение населения продовольствием высокого качества приемлемой стоимости, что требует постоянной оптимизации производства в рыночной экономике для сохранения баланса экономических интересов между производителем продукции и ее потребителем [1]. Все это требует ускорения темпов сельскохозяйственного развития, что неразрывно связано с повышением производительности труда. В свою очередь, повысить эффективность сельскохозяйственного производства и снизить себестоимость продукции невозможно без внедрения достижений научно-технического прогресса [3].

Растениеводство – важнейшая отрасль сельскохозяйственного производства. На долю сектора приходится около 3 % общего валового внутреннего продукта и около 6 млн человек, занятых в данной отрасли экономики. Вследствие сложившейся экономической конъюнктуры, себестоимость зерна только за последний год увеличилась на 40 % из-за роста цен на удобрения, средства защиты и ГСМ. В свою очередь, рост стоимости зерна привел к снижению рентабельности производства, что потребовало от аграриев внедрения дополнительных мер для снижения себестоимости продукции.

Один из путей увеличения рентабельности производства – переработка первичного сырья, что позволяет не только влиять на качество продукции, но и ее добавочную стоимость.

Поддержание характеристик зерна после сбора урожая необходимо для того, чтобы гарантировать потребителям зерно высокого качества [10, 12]. Взаимосвязь между влажностью, температурой и сроками хранения имеет основополагающее значение при определении безопасных условий хранения зерна, что обеспечивает сохранение биоактивных, технологических и биологических показателей зерна разных видов [6, 7].

На большей территории РФ у свежесобранного зерна при нормальных погодных условиях влажность составляет 18...20 %, при неблагоприятных условиях достигает 25...35 %, тогда как стандартные требования к качеству поставляемой пшеницы ограничивают верхнюю границу значения влажности в 13,5-14,5 %.

Сушка – самый простой, экономичный способ сохранения качества и ингредиентов сельскохозяйственной продукции на длительное время. Сушка продукта обеспечивает меньший размер при хранении и меньший вес при транспортировке [11]. При этом сушка зерна – один из наиболее энергозатратных процессов послеуборочной обработки. Так, затраты энергоресурсов на послеуборочную сушку зерновых могут достигать 30 % всех затрат на производство. Следовательно, повысив энергоэффективность процесса сушки, можно снизить себестоимость зерна и повысить рентабельность производства.

Проблема высокого и неэффективного потребления энергии всегда является одной из первоочередных [9] и может быть решена за счет использования технологий утилизации солнечной энергии [8]. Рост тарифов на электрическую энергию способствует широкому применению альтернативных централизованному электроснабжению способов производства электрической энергии [2]. Кроме того, сельские районы являются одними из наиболее привлекательных регионов для использования оборудования возобновляемой энергетики [5].

В настоящее время широкое распространение получили сушилки с теплогенераторами прямого или косвенного нагрева, работающие на дизельном топливе. Данная технология сушки относительно проста, но, как и любая технология, может быть либо заменена более энергоэффективной, либо усовершенствована.

Немаловажное значение в современном производстве отводится вопросам экологии. Внедряются различные устройства для утилизации возобновляемых источников энергии, в частности солнечные коллекторы. Ввиду высокой потребности в тепловой энергии при сушке зерновых логично предположить, что сократить потребление органического топлива при производстве теплоты, а значит, и повысить экологичность технологического процесса сушки можно применением солнечных коллекторов.

Цель исследования – проанализировать возможность применения воздушных солнечных коллекторов для сушки зерновых для реального сельскохозяйственного предприятия юга России.

Объект исследования. Для оценки эффективности применения воздушных солнечных коллекторов при сушке зерновых использованы данные хозяйства, основным видом деятельности которого является выращивание зерновых культур ООО «Кубань рис» (ст. Полтавская Краснодарского края). Данные о производстве и сушке пшеницы в ООО «Кубань рис» в период с 2018 год по 2020 год приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Производство и сушка пшеницы в ООО «Кубань рис»

Table 1 – Production and drying of wheat in Kuban Rice LLC

	Значение показателя по годам		
	2018	2019	2020
Объем произведенного зерна, тыс. т	24, 6	23, 9	25, 1
Объем зерна на сушку, тыс. т	1, 8	3, 3	4, 4
Влажность зерна перед сушкой, %	16, 5-18, 0	16, 5-18, 0	16, 5-18, 0
Влажность зерна после сушки, %	13, 5-14, 0	13, 5-14, 0	13, 5-14, 0
Себестоимость производства пшеницы, р/кг	3, 7	3, 4	3, 6
Стоимость дизельного топлива, р/л	29, 5	32, 1	33, 5
Стоимость электроэнергии, р/кВт·ч	5, 3	5, 4	5, 6
Отпускная цена, р/кг	6, 8	7, 1	7, 5

Технологический процесс сушки длился в среднем 30 дней (25-35 дней) и проводился в период с 10 сентября по 15 октября тремя стационарными сушилками марки Agrex PRT250/FE-SC с теплообменниками (таблица 2) производительностью 75 т/сутки. 22 часа в сутки с периодом активного вентилирования 13,2 часа.

Таблица 2 – Техническая характеристика сушиллки Agrex PRT250/FE-SC

Table 2 – Technical characteristics of the dryer Agrex PRT250/FE-SC

Показатель	Значение показателя
Напряжение питания, В	400
Установленная электрическая мощность, кВт	42,5
Мощность главного электродвигателя, кВт	30
Расход воздуха вентилятором, м ³ /ч	53 000
Тепловая мощность сушиллки, ккал/ч	9·10 ⁵

Объем топлива, затраченного на сушку, – 2,2 л (1,89 кг) дизельного топлива на 1 т со снятием 1 % влажности. Сушиллки обслуживает оператор с заработной платой 42 000 р./мес. Техническое обслуживание трех сушилок ежедневное стоимостью 3500 р./мес. Дополнительно сервисная компания три раза в год проводила техническое обслуживание трех сушилок стоимостью 80 тыс. р./год. Удельные затраты на сушку составляют 290-330 р./т со снятием 3 % влажности зерна в зависимости от объема зерна.

Материалы и методы. Для расчета производительности солнечного коллектора использована стандартная методика расчета теплового режима коллектора [4].

Результаты и обсуждение. При оценке эффективности применяемого и анализируемого технологического процесса сушки целесообразно перейти к энергетическим единицам, что позволит на данном этапе анализа уйти от стоимости солнечных коллекторов и оценить эффективность их применения с энергетической точки зрения. При удельной теплоте сгорания дизельного топлива в 43 МДж/кг, применяемого в сушилках, показатель суммарного удельного расхода теплоты на испарение 1 кг влаги $\Sigma q = 240$ кДж/кг пшеницы со снятием 3 % влажности (при $\eta = 0,95$) при расходе воздуха 53 000 м³/ч.

Анализ технических характеристик солнечных коллекторов мировых производителей (GrammerSolar, BUSO, Valliant) показывает, что с энергетической точки зрения с 10 м² солнечного коллектора можно получить до 27 МДж/ч (TwinSolar 10, TwinSolar 12, 55) при подаче 350 м³/ч нагретого воздуха (таблица 3).

При средней долготе дня 12 ч с учетом погодных условий (рисунок 1) энергетический выход составит не более 280 МДж/сут.

Таблица 3– Технические характеристики солнечных коллекторов

Table 3 – Technical characteristics of solar collectors

	Значение показателя		
	TwinSolar 10, 0	TwinSolar 12, 55	Agrex PRT250/FE-SC
Площадь коллектора, м ²	10	12,55	–
Пиковая тепловая производительность, МДж/ч	21,6	27	3700
Подача воздуха, м ³ /ч	350	350	53 000

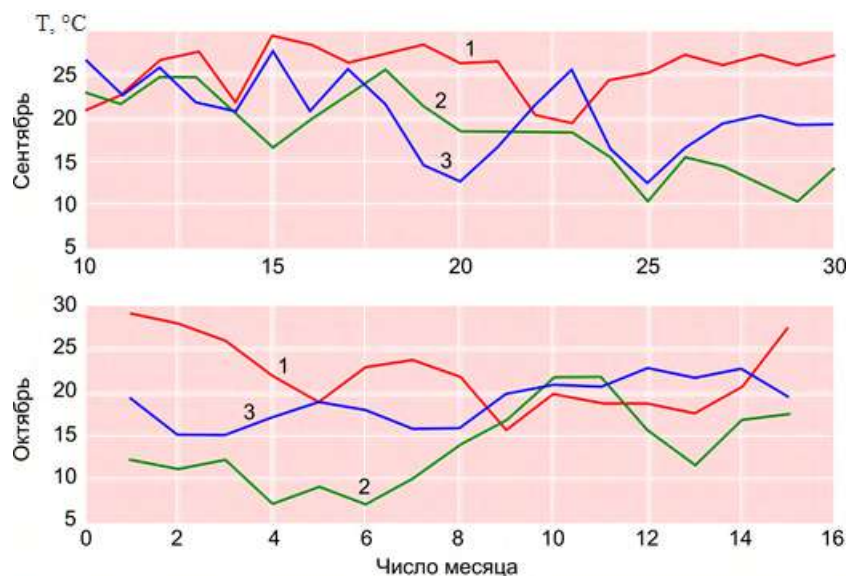


Рисунок 1 – График температур в сентябре-октябре 2018 (1), 2019 (2), 2020 (3)

Figure 1 - Temperature chart in September-October 2018 (1), 2019 (2), 2020 (3) T, °C

С учетом данных хозяйства получаем суточную потребность в теплоте при сушке (таблица 4).

Таблица 4– Энергетический выход солнечных коллекторов

Table 4 – Energy output of solar collectors

Показатель	Значение показателя по годам		
	2018	2019	2020
Объем зерна на сушку, тыс. тонн	1, 8	3, 3	4, 4
Суточная норма сушки, т	60	110	145
Суточная потребность в тепле, МДж	13 800	25 300	33 350
Суточная производительность солнечных коллекторов (TwinSolar 10, 0), МДж	280	280	280
Требуемая площадь коллекторов, м ²	490	900	1190

Выводы. Возможность применения воздушных солнечных коллекторов для сушки зерновых была исследована за период с 2018 год по 2020 год на примере действующего сельскохозяйственного предприятия, основной производственной деятельностью которого является выращивание зерновых культур ООО «Кубань рис» (ст. Полтавская Краснодарского края).

Объем топлива, затраченного на сушку, составляет 2,2 л (1,89 кг) дизельного топлива на 1 т со снятием 1 % влажности. Анализ технических характеристик солнечных коллекторов мировых производителей (GrammerSolar, BUSO, Valliant) показывает, что с энергетической точки зрения с 10 м² солнечного коллектора можно получить до 27 МДж/ч (TwinSolar 10, TwinSolar 12, 55) при подаче 350 м³/ч нагретого воздуха. При средней долготе дня 12 ч с учетом погодных условий энергетический выход составит не более 280 МДж/сут.

Таким образом, существует принципиальная энергетическая возможность применения солнечных коллекторов для сушки зерновых. Причем коллекторы могут быть как единственные источники теплоты, так и работать в составе традиционных технологий сушки. Эффективность их функционирования будет определяться следующими условиями: наличие свободных площадей для размещения солнечных коллекторов; местом расположения предприятия с учетом уровня потенциала солнечной энергии.

Библиографический список

1. Акупиан О. С., Капинос Р. В. Инновационные подходы к развитию сельских территорий // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2018. № 3 (19). С. 50-60.
2. Даус Ю. В., Головинов В. В. Крышная фотоэлектростанция для электроснабжения системы круглосуточного внутрицехового освещения мельницы // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2017. № 2 (23). С. 133-138.
3. Здоровец Ю. И. Особенности калькулирования себестоимости продукции зерновых культур // *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2018. № 6 (73). С. 275–282.
4. Камара С., Сулин А. Б., Лысёв В. И. Аналитическое исследование производительности коллектора комбинированного типа для солнечного нагрева и ночного радиационного охлаждения // *Вестник МАХ*. 2022. № 1. С. 26–35.
5. Ресурсный потенциал солнечной энергии для установок, использующих ее в системе энергоснабжения потребителей г. Волжского / Ю. В. Даус, Н. М. Веселова, И. В. Юдаев, С. А. Ракитов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2017. № 129. С. 297-307.
6. Comparative physiology and proteomics of two wheat genotypes differing in seed storage tolerance / X. Chen, G. Yin, A. Börner, X. Xin, J. Ele, M. Nagel, X. Liu, X. Lu // *Plant Physiol. Biochem.* 2018. V. 130. P. 455-463.
7. Effect of artificial aging on wheat quality deterioration during storage / P. P. Tian, Y. Y. Lv, W. J. Yuan, S. B. Zhang, Y. S. Hu // *J. Stored Prod. Res.* 2019. V. 80. P. 50-56.
8. Increasing Solar Radiation Flux on the Surface of Flat-Plate Solar Power Plants in Kamchatka Krai Conditions / Y. V. Daus, I. V. Yudaev, K. A. Pavlov, V. V. Dyachenko // *Applied Solar Energy*. 2019. Vol. 55. No 2. P. 101-105.
9. Performance analysis of a residential heating system using borehole heat exchanger coupled with solar assisted PV/T heat pump / J. Yao, W. Liu, L. Zhang, B. Tian, Y. Dai, M. Huang // *Renew. Energy*. 2020. V. 160. P. 160-175.
10. Physiochemical changes in wheat of different hardnesses during storage / S. B. Zhang, Y. Y. Lv, Y. L. Wang, F. Jia, J. S. Wang, Y. S. Hu // *J. Stored Prod. Res.* 2017. V. 72. P. 161-165.
11. Singh A., Sarkar J., Sahoo R. R. Experimental performance analysis of novel indirect-expansion solar-infrared assisted heat pump dryer for agricultural products // *Sol. Energy*. 2020. V. 206. P. 907-917.
12. Ziegler V., Paraginski R. T., Ferreira C. D. Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality - a review // *J. Stored Prod. Res.* 2021. V. 91. P. 101770.

Информация об авторах

Курченко Николай Юрьевич, заведующий кафедрой физики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), кандидат технических наук, доцент, тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: kalya1389@gmail.com.

Даус Юлия Владимировна, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), кандидат технических наук, тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: zirochka2505@gmail.com.

Квитко Андрей Викторович, старший преподаватель кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: 9061870011@mail.ru.

Грищенко Дмитрий Николаевич, аспирант кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: professs0r@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-58

METHOD FOR SOWING ROWED CROPS UNDER RISK FARMING

I. S. Martynov, M. N. Shaprov, A.V. Sedov, M. A. Sadovnikov, A. A. Mikhailenok

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 30.09.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. Obtaining high yields of agricultural crops is largely determined by the conditions of their cultivation. The Lower Volga region, including the Volgograd region, is an agrarian region predominant in terms of area and quite difficult in terms of natural conditions, belonging to the zone of risky farming. It represents the territory in which the harvest of agricultural crops is associated with negative situations. For the Volgograd zone, these are droughts, dry winds, and late spring frosts. The variety of soil and climatic conditions and terrain determines the choice of technology and technical means for cultivating crops. In this regard, it is necessary to use innovative technologies for the cultivation of tilled crops, which reduce the risks of soil and climatic conditions in the Volgograd region and increase their productivity. **An object.** The object of research is the method of sowing seeds of tilled crops. **Materials and methods.** Various methods are used for sowing crops. For tilled crops, the wide-row method is mainly used. Also developed by scientists are methods of sowing row crops, which improve conditions for seed germination. However, the existing methods of sowing and seeders have a number of disadvantages, which lead to sparse seedlings and reduced yields. **Results and conclusions.** To ensure the optimal combination of "temperature-humidity" for seeds and reduce the harmful effects of negative climatic factors, the technology of bunched sowing of tilled crops at different depths is proposed. In this case, the placement of seeds in the bunch in depth is carried out with a difference of 2 cm and 15 ... 17 cm along the row. To ensure sowing by this method, a seeder based on the SUPN was designed, in which the design of the coulter and the sowing unit were changed. The introduction of a bunch seeder into the technology of cultivation of tilled crops in risky farming areas of the Lower Volga region will provide optimal conditions for seed germination and their further development, which will have a positive effect on productivity.

Key words: *temperature, soil, humidity, germination, coulter, seeds, seeder, yield.*

Citation. Martynov I. S., Shaprov M. N., Sedov A.V., Sadovnikov M. A., Mikhailenok A. A. Method for sowing rowed crops under risk farming. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 492-502 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-58.

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

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

УДК 631.53.04

СПОСОБ ПОСЕВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РИСКОВАННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

И. С. Мартынов, кандидат технических наук, доцент
М. Н. Шапров, доктор технических наук, профессор
А.В. Седов, кандидат технических наук, доцент
М. А. Садовников, кандидат технических наук, доцент
А. А. Михайлёнок, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур во многом предопределяется условиями их возделывания. Нижнее Поволжье, в том числе Волгоградская область, представляет собой преобладающий по площади и довольно сложный по природным условиям аграрный регион, относящийся к зоне рискованного земледелия. Она представляет собой территорию, на которой получение урожая сельскохозяйственных культур связано с негативными ситуациями. Для Волгоградской зоны это засуха, суховеи, поздневесенние заморозки. Разнообразие почвенно-климатических условий и рельефа местности определяет выбор технологии и технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур. В связи с этим необходимо использовать инновационные технологии возделывания пропашных культур, снижающие риски почвенно-климатических условий Волгоградской области и повышающие их урожайность. **Объект.** Объектом исследований является способ посева семян пропашных культур. **Материалы и методы.** Для посева сельскохозяйственных культур используются различные способы. Для пропашных культур в основном применяют широкорядный способ. Также разработаны учеными способы посева пропашных культур, позволяющие улучшать условия для прорастания семян. Однако существующие способы посева и сеялки имеют ряд недостатков, которые приводят к изреженным всходам и снижению урожайности. **Результаты и выводы.** Для обеспечения оптимального сочетания «температура – влажность» для семян и снижения губительного воздействия негативных климатических факторов предложена технология разноглубинного гнездового посева пропашных культур. В данном случае заделка семян в гнезде по глубине осуществляется с разницей 2 см и 15...17 см вдоль рядка. Для обеспечения посева данным способом сконструирована сеялка на базе СУПН, в которой изменены конструкции сошника и высевающего аппарата. Внедрение гнездовой сеялки в технологию возделывания пропашных культур в зонах рискованного земледелия Нижнего Поволжья позволит обеспечить оптимальные условия для прорастания семени и их дальнейшего развития, что положительно скажется на урожайности.

Ключевые слова: технологии посева пропашных культур, пропашные культуры, рискованное земледелие.

Цитирование. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Седов А.В., Садовников М. А., Михайлёнок А. А. Способ посева пропашных культур в условиях рискованного земледелия. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 492-502. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-58.

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. Получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур во многом предопределяется условиями их возделывания. Нижнее Поволжье, в том числе Волгоградская область, представляет собой преобладающий по площади и довольно

сложный по природным условиям аграрный регион, относящийся к зоне рискованного земледелия. Она представляет собой территорию, на которой получение урожая сельскохозяйственных культур связано с негативными ситуациями. Для Волгоградской зоны это засуха, суховеи, поздневесенние заморозки. Разнообразие почвенно-климатических условий и рельефа местности определяет выбор технологии и технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур [6-8, 10].

Главными факторами, влияющими на урожайность сельхозкультур, являются ресурсы тепла, света, и в особенности наличие почвенной влаги. От сочетания этих параметров зависит качество всходов и развитие растений в течение всего периода их вегетации [1-4, 6, 7, 9, 11].

Потери почвенной влаги особенно заметны в весенне-летний период при проведении предпосевных операций с почвой, поэтому при возделывании сельскохозяйственных культур в зонах рискованного земледелия остро стоит вопрос предпосевной подготовки почвы и посева. Ведь урожайность в первую очередь зависит от условий, созданных для прорастания семян. [8, 9].

Особенно это касается пропашных культур, среди которых наиболее отзывчивыми на указанные параметры являются бахчевые. Основными причинами малой урожайности являются отсутствие хороших предшественников и несовершенство существующих технологий возделывания сельхозкультур. Одна из главнейших проблем – изреженные всходы, поэтому от качества посева будут зависеть полевая всхожесть семян и дальнейшее развитие растений, а следовательно, урожайность культур [9, 12]. Другой проблемой является возможное негативное воздействие на всходы поздневесенних заморозков, града и сильных ветров. В связи с этим необходимо использовать инновационные технологии возделывания культур, снижающие вышеуказанные риски и повышающие их урожайность. Особенно это касается бахчевых культур.

Материалы и методы. Для посева сельскохозяйственных культур используются различные способы (рисунок 1). Для пропашных культур в основном применяют широкорядный способ. При размещении семян в рядке наилучшим является пунктирный способ их распределения, при котором выдерживается точно заданное расстояние между ними. С точки зрения технологических операций по уходу за растениями при возделывании бахчевых культур является квадратно-гнездовой способ. Он обеспечивает необходимую площадь питания для растений, снижает долю ручного труда. Однако данный способ требует затрат времени на настройку посевных машин с целью обеспечения гнезд на одной линии в продольном и поперечном направлении, поэтому широкого применения квадратно-гнездовой посев не получил.

Также известны способы возделывания пропашных культур, позволяющие улучшать условия для прорастания семян. Так, коллектив ученых под руководством Колганова А.В. разработал способ посева. Он заключается в обработке почвы с образованием в ней уплотненных лож, заделке семян пропашных культур и уплотнение почвы катками. Специфика обработки почвы – в объемном рыхлении с внесением удобрений. По предполагаемым следам посева семян формируются криволинейные поверхности, расположенные ниже плужной подошвы. Затем до посева семян почва дополнительно прикатывается с образованием уплотненных стенок и дна щелевидных лож.

Учеными Волгоградского ГАУ под руководством Пындака В. И. предложен способ возделывания пропашных культур. Подготовка почвы под посев осуществляется чизельной обработкой с формированием гребнистого дна борозды. В первый год посева заделку семян проводят широкорядным способом над углублениями дна борозды с чередованием через одно. При этом на второй год посев осуществляют над незадействованными углублениями дна борозды первого года.

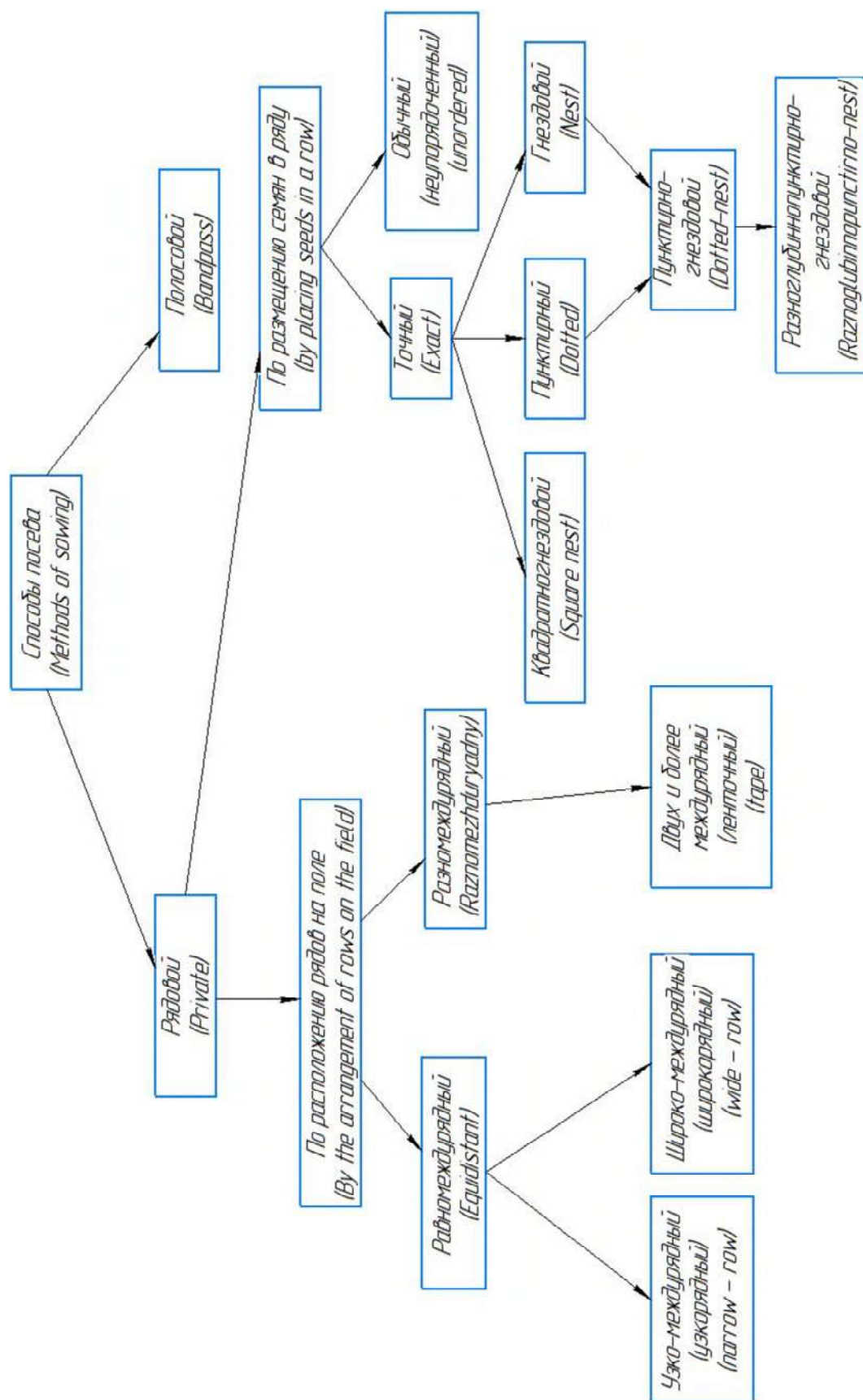


Рисунок 1 – Способы посева / Figure 1 – Seeding methods

Способ посева, предложенный учеными Ставропольского ГАУ, заключается в проведении в зоне рядка полосового рыхления почвы. После чего верхний слой почвы раздвигается в стороны на глубину, меньшую на 20 мм глубины посева, и шириной дна до 35 мм. Затем по линии рядка нарезаются щели на глубину с устойчивым увлажнением. Заделка семян пропашных культур происходит путем сбрасывания их на дно и вдавливания в почву катками на глубину посева. Затем бороздка мульчируется.

Недостатком описанных способов посева является заделка семян на одну глубину, что не позволяет обеспечить необходимые условия для семян на всей площади возделывания пропашных культур.

Также следует отметить, что для осуществления посева обычно применяются комбинированные машины либо универсальные сеялки в комплексе машин при возделывании пропашных культур. К таким сеялкам относятся посевные машины типа СУПН и СНПП (рисунки 2, 3).

Сеялка СУПН используется для пунктирного посева семян пропашных культур на глубину от 4 до 12 см с одновременным внесением минеральных удобрений. Сеялка предназначена для работы почти во всех климатических зонах.



Рисунок 2 – Сеялка СУПН-8 / Figure 2 – Seeder SUPN-8

Пневматическая сеялка СНПП-5,6К предназначена для точного посева семян кукурузы, подсолнечника и других пропашных культур на глубину от 3 до 10 см с одновременным внесением удобрений. Ее производительность достигает 5 га/ч.



Рисунок 3 – Сеялка СНПП-5,6 Быстрица / Figure 3 – Seeder SNPP-5,6 Bystrica

Универсальные сеялки имеют возможность высева семян различных пропашных культур и обеспечивают точность их распределения в рядке. Однако сошники всех посевных машин устанавливаются на одну определенную глубину в зависимости от культуры. С учетом сроков посева пропашных культур и почвенно-климатических параметров региона, условия для семян значительно отличаются. Это приводит к изреженным всходам и снижению урожайности.

Результаты и обсуждение. После проведения сравнительного анализа способов посева при возделывании пропашных культур можно сделать вывод, что их внедрение не позволяет создавать благоприятных условий для всходов по всей площади посева. Кроме того, негативные факторы резко континентального климата Волгоградской области в виде поздневесенних заморозков, града, сильных ветров и т.д. создают для них дополнительные проблемы.

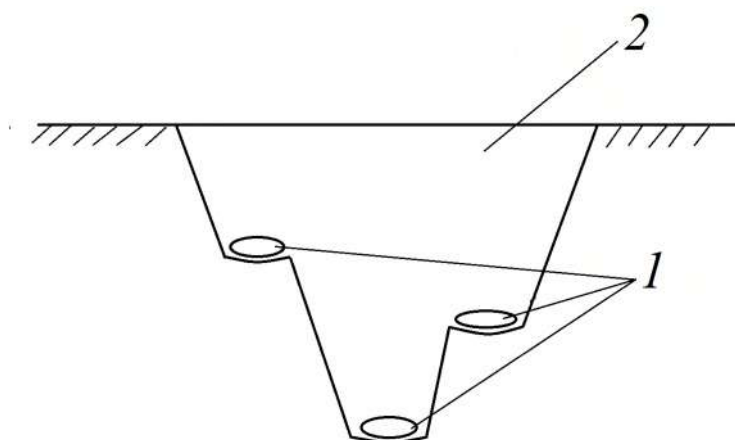


Рисунок 4 – Схема распределения семян по глубине: 1 – семя; 2 – посевная бороздка

Figure 4 – Seed distribution scheme by depth: 1 – seed; 2 – seed furrow

Для обеспечения оптимального сочетания «температура – влажность» для семян и снижения губительного воздействия негативных климатических факторов предложена технология разноглубинного гнездового посева пропашных культур. В данном случае заделка семян в гнезде по глубине осуществляется с разницей 2 см и 15...20 см вдоль рядка (рисунок 4). Для обеспечения посева данным способом сконструирована сеялка на базе СУПН, в которой изменены устройства сошника и высевающего аппарата (рисунки 5,6) [4].

Секции сеялки состоят из опоры в виде кронштейна 1 (рисунок 5), подвески параллелограммной 2, аппарата для высева семян 3, семенного ящика (бункера) 4, устройства распределяющего 5, сошника 6, загортачей 7, колеса 8 для прикатывания почвы в рядке и шлейфа 9 [12].

Высевающий диск 4 (рисунок 6) имеет три отверстия, обеспечивая тем самым высев трех семян в гнезде. Сошник 6 для заделки семян в гнезде на разных уровнях состоит из левого 19, правого 21 и основного 20 отсеков. Причем левый отсек формирует бороздку на четыре сантиметра меньше основного отсека, а правый отсек – на два сантиметра меньше.

Распределяющее устройство 11 (рисунок 6) выполнено в виде ролика, закрепленного на приводном валу 12. На нем выполнены проточки, образующие три ячейки 5,6,10, расположенные под углом 45^0 друг от друга. Профили первой 1 и 3 ячеек (рисунок 7) имеют форму криволинейной поверхности, соединяющей по радиусу правую и, соответственно, левую части ролика со средней. Профиль второй ячейки 2 представляет собой конусообразное углубление, выполненное посередине ролика. Цепная передача обеспечивает синхронность вращения высевающего диска и ролика.

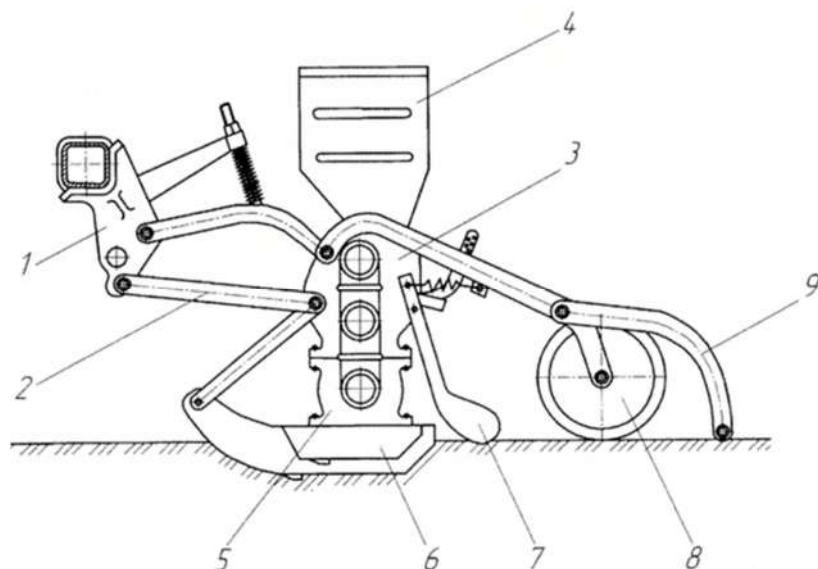


Рисунок 5 – Схема сеялки:

1 – кронштейн; 2 – подвеска параллелограмная; 3 – аппарат для высева семян; 4 – семенной ящик; 5 – устройство распределяющее; 6 – сошник; 7 – загортачи; 8 – колесо для прикатывания почвы; 9 – шлейф

Figure 5 – Seeder diagram:

1 – bracket; 2 – parallelogram suspension; 3 – apparatus for sowing seeds; 4 – seed box; 5 – distributing device; 6 – coulter; 7 – harrows; 8 – wheel for rolling soil; 9 – loop

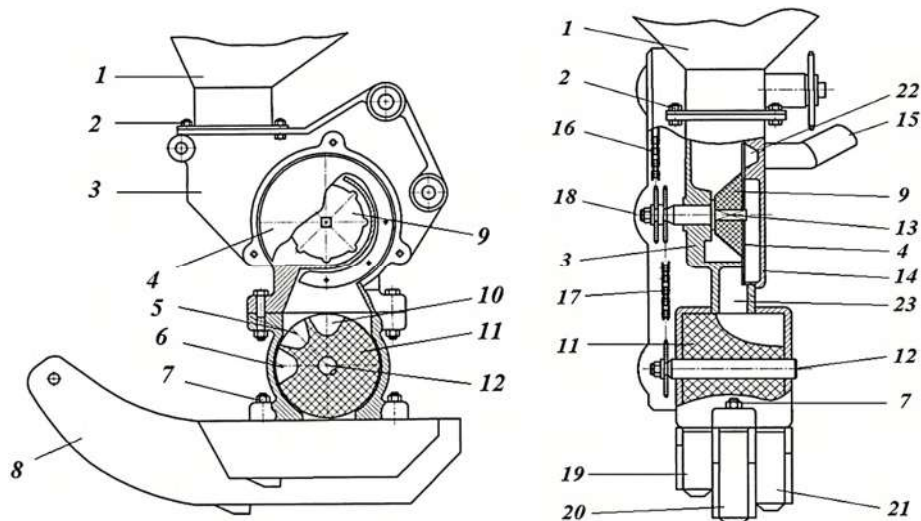


Рисунок 6 – Рабочие органы секции сеялки:

1 – семенной ящик; 2 – болтовое соединение; 3 – корпус высевающего аппарата; 4 – высевающий диск; 5, 6, 10 – ячейки; 7 – шпилька; 8 – сошник; 9 – ворошитель; 11 – распределяющее устройство; 12, 13 – валы; 14 – крышка высевающего аппарата; 15 – воздуховод; 16, 17 – цепная передача; 18 – защитный кожух; 19, 20, 21 – отсеки сошника; 22 – полость вакуумная; 23 – зона атмосферного давления

Figure 6 – Working bodies of the seeder section:

1 – seed box; 2 – bolted connection; 3 – housing of the sowing machine; 4 – sowing disc; 5, 6, 10 – cells; 7 – hairpin; 8 – coulter; 9 – agitator; 11 – distributing device; 12, 13 – shafts; 14 – cover of the sowing device; 15 – air duct; 16, 17 – chain drive; 18 – protective cover; 19, 20, 21 – coulter compartments; 22 – vacuum cavity; 23 – zone of atmospheric pressure

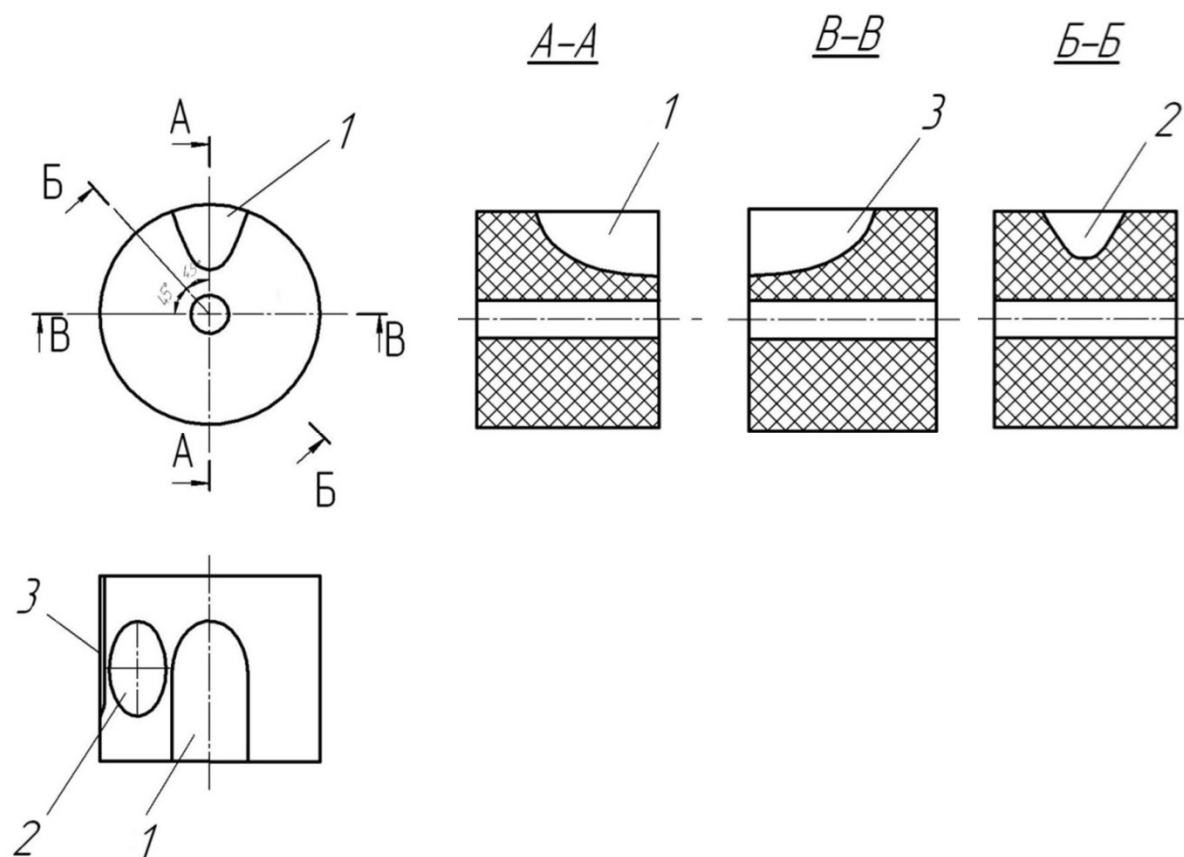


Рисунок 7 – Ролик / Figure 7 – Roller

Исследования посевных машин проводились по следующей схеме. Ширина междурядий принималась равной 2,1 м. Посев в рядах осуществлялся пунктирным способом (контроль) с расстоянием между семенами 0,2 м и разноглубинным гнездовым – с заделкой семян в гнезде через 0,2 м и формированием междугнездий через 1,2 м. В качестве посевного материала использовались семена бахчевых культур.

Количество высеванных семян рассчитывалось исходя из количества рядков и их длины. С учетом того факта, что для каждого способа посева принималось три рядка длиной 30 м, количество семян, заделанных в почву на контрольном участке, составило 450 шт. При разноглубинном гнездовом посеве количество семян составило 225 шт.

Кроме того, в результате исследований на контрольном участке выявлено отсутствие части всходов (рисунок 8), что впоследствии затрудняло формирование равномерности распределения растений в рядах с учетом площади их питания.

На участке с разноглубинно-гнездовой заделкой семян наблюдались четко сформированные гнезда с одним, двумя или тремя всходами (рисунок 9) и заданным расстоянием междугнездий 1,2 м. Т.е. в распределении растений вдоль ряда с учетом площади их питания нет необходимости, достаточно убрать лишние растения в гнезде.

Эффективность применения гнездовой сеялки (рисунок 10) подтверждена результатами ранее проведенных исследований [5, 12]. Анализируя всхожесть семян в рядах, выявили, что затраты на приобретение семян и проведение операций по формированию густоты растений в рядке с учетом площади питания при разноглубинном гнездовом посеве ниже по сравнению с контролем. При дальнейших наблюдениях за ростом растений замечено, что в процессе их развития предлагаемая нами технология посева обеспечивает наилучшее соотношение температуры и влажности (рисунок 11).

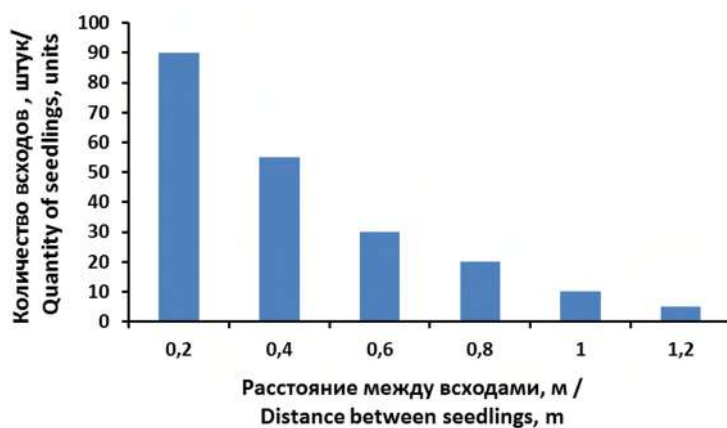


Рисунок 8 – Распределение всхожести семян в рядке

Figure 8 – Distribution of seed germination in a row

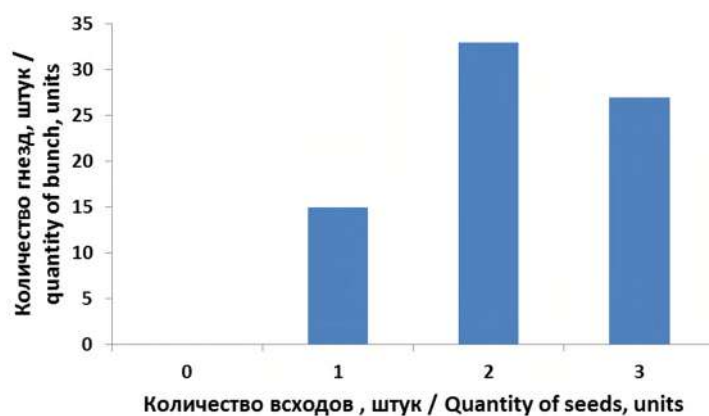


Рисунок 9 – Распределение всхожести семян в гнезде

Figure 9 – Distribution of seed germination in the bunch

Кроме того, выявлено, что при посеве гнездовой сеялкой урожайность в среднем выросла на 26 % по сравнению с серийной.



Рисунок 10 – Сеялка для разноглубинного гнездового посева

Figure 10 – Seeder for multi-depth bunch sowing



а)



б)

Рисунок 11 – Посевы: а) дыни; б) арбуза / Figure 11 – Crops: a) melons; b) watermelon

Выводы. Применение способа разноглубинного гнездового посева создает для семян благоприятный температурно-влажностный режим с соблюдением всех агротехнических требований. То есть внедрение гнездовой сеялки в технологию возделывания пропашных культур в зонах рискованного земледелия Нижнего Поволжья позволит обеспечить оптимальные условия для прорастания семени и их дальнейшего развития, что положительно скажется на урожайности.

Библиографический список

1. Алдошин Н. В., Исмаилов И. И. Разработка технологии подготовки почвы к посеву бахчевых культур // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В. П. Горячкина». 2018. № 6 (88). С. 17-23.
2. Кем А. А., Миклашевич В. Л., Чекушев М. С. Сошник для двухстрочного посева зерновых культур с разноуровневым внесением минеральных удобрений // Вестник ОмГАУ. 2017. № 2 (26). С. 105-111.
3. Курдюмов В. И., Зыкин Е. С. Энергетическая оценка гребневой сеялки // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 66-75.
4. Мартынов И. С., Шапров М. Н. Разноуровневый гнездовой посев семян пропашных культур // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 10-11.
5. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Михайленок А. А. Результаты лабораторных исследований работы сошника для разноглубинной заделки семян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 316-324.

6. Операция посева – ключевой момент создания технологий растениеводства шестого технологического уклада / П. В. Лаврухин, А. С. Казакова, С. Н. Медведько, П. А. Иванов // Вестник аграрной науки Дона. 2021. № 4(56). С. 24-32.
7. Попов А. Ю. Моделирование квадратно-гнездового посева // Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 4. С. 524-549.
8. Разработка технологии и изготовление импортозамещающего комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур / Р. С. Рахимов [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 1 (21). С. 86-96.
9. Цепляев А. Н., Шапров М. Н., Мартынов И. С. Почвосберегающая механизированная технология посева пропашных культур // Аграрный научный журнал. 2016. № 3. С. 69-72.
10. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Paparphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. KrasiaChristoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. article number 104048.
11. Meinel T. Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014 // Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. P. 1-9.
12. Melons and gourds sowing quality improving in conditions of risky farming / M. N. Shaprov, I. S. Martynov, A. A. Mikhalyenok, M. A. Sadovnikov, E. Yu. Guzenko, T. S. Ivanova // AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex AgroINNOVATION 2021: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 965 (1). P. 012052.

Информация об авторах

Мартынов Иван Сергеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-6185-7740. E-mail: ISMartynov@mail.ru.

Шапров Михаил Николаевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0002-9929-5042. E-mail: m.shaprov@yandex.ru.

Седов Алексей Васильевич, заведующий кафедрой «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-3896-5129. E-mail: sedov7020@yandex.ru

Садовников Михаил Алексеевич, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0001-9223-854X. E-mail: mic-hael@yandex.ru

Михайленок Антон Александрович, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), ORCID: 0000-0002-4316-2996. E-mail: mikhailionok@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-59

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF VERTICAL SPRAYING ON ENVIRONMENTAL SAFETY OF ROW CROP CULTIVATION

M. V. Meznikova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 15.09.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. The study reflects the influence of technological parameters of spraying on the environmental safety of pesticide application when performing vertical spraying. In the theoretical justification of the parameters of ecological safety in the application of liquid forms of preparations experimental data on the change of architectural features of sunflower throughout its growth and development in the conditions of Volgograd region were used. The conclusions present the main results of the

calculation of technological parameters of spraying, as well as the recommendations on the practical application and the choice of parameters for the slot-type nozzles in the method of vertical spraying on row crops on the example of sunflower. **Materials and methods.** To substantiate the factors affecting the technological parameters of environmental safety in the field of pesticide application, we took into account the operational and agro-technological requirements for this technological operation. Also based on practical and theoretical studies obtained earlier in the study of the parameters of spraying of row crops. The mathematical dependencies of the influence of technological parameters of spraying angle α , spraying height H and the width of the treated strip B on the efficiency of vertical spraying method in the area of boom height and the width of the treated strip have been derived. **Results.** Theoretical substantiation of technological parameters of spraying with application of vertical spraying method has allowed to determine the dependencies of ecological safety parameters of pesticides application process in the area of geometrical parameters of spraying. Calculated parameters of height, width and angle of spraying depending on the architectural features of the object were also obtained. **Discussions and conclusion.** In case of vertical spraying method to increase environmental safety of technological process of spraying in terms of height of positioning the boom above the object of treatment it is necessary to choose the nozzle with a big spraying angle (110°). Using a nozzle with a 65° spray angle increases the area of inefficient use of the boom height. When using the vertical method of spraying, the spray plumes from adjacent nozzles can form a zone of repeated application of the drug T , the width of which varies depending on the magnitude of the boom H_k oscillation. Increasing the spray angle when changing the T_1 - T_2 reapplication zone as a result of plane-parallel boom movements has a much greater impact on the geometric parameters of the T reapplication zone than changing the T_3 - T_2 reapplication zone as a result of boom angular movements.

Key words: *spraying, nozzle, spray torch, efficiency, environmental safety, resource conservation, decarbonization, import substitution.*

Citation. Meznikova M. V. Influence of technological parameters of vertical spraying on environmental safety of row crops cultivation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 502-514 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-59.

Author's contribution. The author of this article performed analysis, planning, research, and mathematical calculations to substantiate theoretical dependencies that increase the environmental safety of spraying using vertical spray technology.

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

УДК 631.312

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОПРЫСКИВАНИЯ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

М. В. Мезникова, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 15.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Исследование отражает влияние технологических параметров опрыскивания на обеспечение экологической безопасности внесения пестицидов при выполнении опрыскивания вертикальным способом. При теоретическом обосновании параметров экологической безопасности в области внесения жидких форм препаратов использовались экспериментальные данные по изменению архитектурных особенностей подсолнечника на всем протяжении его роста и развития в условиях Волгоградского региона. В выводах приводятся основные результаты расчета технологических параметров опрыскивания, а также даны рекомендации по практическому применению и выбору параметров форсунок щелевого типа при способе вертикального опрыскивания пропашных культур на примере подсолнечника. **Материалы и методы.** Для обоснования факторов, влияющих на технологические параметры экологической без-

опасности в области внесения пестицидов, учитывали эксплуатационные и агротехнологические требования, предъявляемые к данной технологической операции. Были учтены практические и теоретические исследования, полученные ранее при изучении параметров опрыскивания пропашных культур, и выведены математические зависимости влияния технологических параметров угла распыла α , высоты опрыскивания H и ширины обрабатываемой полосы B на показатели эффективности применения способа вертикального опрыскивания в области высоты штанги и ширины обрабатываемой полосы. **Результаты.** Теоретическое обоснование технологических параметров опрыскивания с применением вертикального способа распыла позволило определить зависимости параметров экологической безопасности процесса внесения пестицидов в области геометрических параметров опрыскивания. Также получены расчетные параметры высоты, ширины и угла опрыскивания в зависимости от архитектурных особенностей объекта. **Обсуждение и выводы.** При вертикальном способе распыла для повышения экологической безопасности технологического процесса опрыскивания в части высоты расположения штанги над объектом обработки следует выбирать форсунку с большим углом распыла (110°). Применение форсунки с углом распыла 65° увеличивает зону неэффективного использования высоты штанги. При применении вертикального способа опрыскивания факелы распыла от соседних форсунок могут образовываться зоны повторного внесения препарата T , ширина которых изменяется в зависимости от величины колебаний штанги H_k . Увеличение угла распыла при изменении зоны повторного внесения T_1-T_2 в результате плоскопараллельных перемещений штанги оказывает на геометрические параметры зоны повторного внесения T гораздо более существенное влияние, чем изменение зоны повторного внесения T_3-T_2 в результате угловых перемещений штанги.

Ключевые слова: опрыскивание вертикальное, форсунки, факел распыла, экологическая безопасность опрыскивания, декарбонизация.

Цитирование. Мезникова М. В. Влияние технологических параметров вертикального опрыскивания на обеспечение экологической безопасности при возделывании пропашных культур. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 502-514. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-59.

Авторский вклад. Автор данной статьи выполнил анализ, планирование, исследование и математические расчеты для обоснования теоретических параметров, повышающих экологическую безопасность опрыскивания с использованием технологии вертикального распыла. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Проведение мероприятий по охране почв и их рациональному использованию является одним из важнейших направлений в сфере государственной экологической политики [1, 6]. Почва является индикатором экосистемы. Остатки тяжелых металлов и пестицидов, накопленные в почве, нарушают естественные процессы, необходимые для формирования ценных плодородных частиц почвы. По этой причине в последние десятилетия почвы деградируют, что проявляется в снижении или полной потере их плодородия. В местах накопления загрязняющих веществ часть загрязнителей переходит в воздух и воду. В результате образуются техногенные геохимические аномалии, которые путем передвижения по пищевым цепочкам становятся причиной накопления и миграции загрязнителей на вершинах пищевых пирамид. Этому способствует нерациональное и/или необоснованное внесение химических препаратов в области внесения пестицидов для защиты и питания растений и почвы [14]. Для сохранения и восстановления природных ресурсов и почвенного разнообразия необходимо сокращение применения загрязняющих веществ [4, 10]. Данные аспекты можно реализовать при грамотном, системном, комплексном подходе, который основан на сокращении повреждающего воздействия на объекты биосферы в аграрном секторе и снижении объемов химических ве-

ществ при операциях по питанию и защите почвы и растений с применением жидких форм препаратов. Для этой цели важно провести теоретическое обоснование технологических параметров опрыскивания и определить факторы, влияющие на повышение экологической безопасности в области внесения пестицидов [1, 2, 8].

Материалы и методы. Структура исследования базируется на анализе по двум сравнительным характеристикам: геометрическим параметрам зоны опрыскивания и экологическим показателям при традиционном сплошном способе химической обработки пропашных культур [3, 5, 9]. При рассмотрении параметров оценки экологической безопасности в области внесения пестицидов использовались качественные характеристики процесса распыления на основании требований ГОСТ 34630-2019 и ГОСТ ИСО 5682-1-2004. Нормативные значения показателей оценивались по стандарту СТО АИСТ 1.12-2006. Применение терминов и определений в области химической защиты растений основываются на требованиях ГОСТ 21507 2013.

Пропашные культуры выращиваются по полосам. Поэтому логично создавать благоприятные условия для их произрастания именно в пределах полосы с культурным растением. Такую возможность дает применение полосового земледелия. Однако при выполнении операций ухода за посевами в области внесения жидких форм препаратов производителю продукции растениеводства сложно обеспечить полосовое внесение пестицидов строго по полосам воздействия при применении серийных опрыскивателей, у которых распыл рабочей жидкости осуществляется вертикальным способом. Поэтому целью исследования является изучение геометрических параметров обрабатываемой полосы с применением вертикального распыла, и их влияние на обеспечение экологической безопасности в области внесения пестицидов серийными форсунками щелевого типа. Применение форсунок щелевого типа и опрыскивателей с вертикальным способом распыла обусловлено простотой и доступностью в области ценовой политики производителей подобной техники и оборудования, а также универсальностью применения на различных культурах.

При обработке пропашных культур факелы распыла целесообразно располагать по центру полос, в которых находятся целевые объекты обработки [2, 11, 13]. В зависимости от ширины междурядья обрабатываемой культуры такой подход может потребовать переоборудования мест крепления форсунок на штанге опрыскивателя или установки заглушек на форсунки, работа которых в данных условиях не требуется.

Выполнение требований экологической безопасности обеспечивают основные технологические параметры опрыскивания:

- а. угол опрыскивания α ;
- б. высота опрыскивания H ;
- в. ширина полосы опрыскивания B .

Высота опрыскивания H и угол распыления α влияют на ширину обрабатываемой полосы и высоту расположения точки слияния соседних факелов распыла H_c , от которой зависят геометрические параметры зоны повторного внесения рабочего раствора T_1 и T_2 , которые образуют отклонение в ширине обработанной полосы в междурядном пространстве Δ_1 , возникающим в результате перемещений штанги опрыскивателя во время движения (рисунок 1).

Ширина обработанной полосы B является показателем выполнения требований экологической безопасности в области точности выполняемой обработки по ширине обработанной полосы и снижения побочного действия пестицида.

При исследовании геометрических параметров зоны опрыскивания применялся графоаналитический метод. Расчет геометрических параметров обрабатываемой полосы основывается на архитектурных особенностях культурного растения по фазам его роста [1, 6, 7].

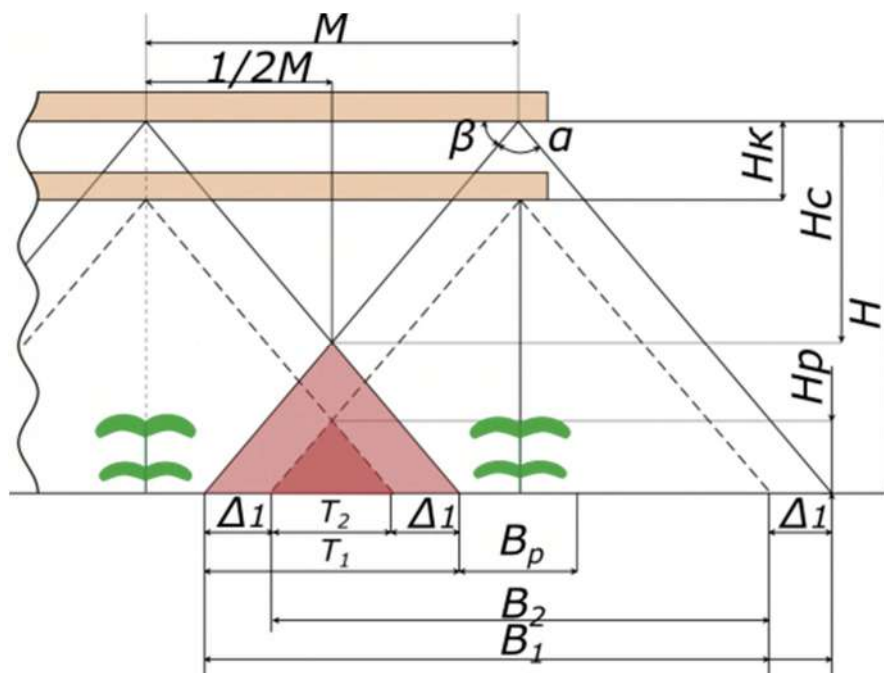


Рисунок 1 – Геометрические параметры вертикального опрыскивания с учетом плоскопараллельных перемещений штанги

Figure 1 – Geometric parameters of vertical spraying, taking into account the plane-parallel movements of the boom

Допущения, принятые в расчетах:

1. Каждая форсунка на всей длине штанги опрыскивателя перемещается в вертикальной плоскости в результате плоскопараллельных перемещений штанги и имеет угловые перемещения относительно оси подвеса во время движения опрыскивателя на одинаковую величину, равную величине перемещения крайней форсунки на штанге опрыскивателя.

2. Влияние метеорологических условий на изменения положения форсунки находятся в пределах рекомендаций, установленных производителей опрыскивателя.

Высота опрыскивания H зависит от высоты расположения верхней части объекта обработки H_p , величины вертикальных перемещений штанги H_k и высоты точки слияния соседних конусов распыла H_c и для статического положения определяются по формуле (1):

$$H = H_p + H_c + \frac{1}{2}H_k. \quad (1)$$

Величина вертикальных перемещений штанги H_k серийных штанговых опрыскивателей составляет 0,2-0,3 м.

Высота точки слияния H_c зависит от угла распыла α и ширины междурядья M и определяется по формуле (2):

$$H_c = \frac{M}{2} \cdot \operatorname{tg} \left(90 - \frac{\alpha}{2} \right). \quad (2)$$

Ширина обработанной полосы B вследствие вертикальных перемещений штанги во время движения будет меняться от B_1 до B_2 :

$$B_1 = 2H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3)$$

$$B_2 = 2(H - H_k) \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

При работе серийного опрыскивателя с вертикальным способом распыла рабочий раствор по краям соседних конусов распыла может образовывать зоны повторного внесения препарата, образуя зону T (T_1 при перемещении штанги в верхнюю точку и T_2 при перемещении в нижнюю точку), геометрические параметры которой зависят от высоты штанги H , угла распыла α и ширины междурядья M .

Величина зоны T_1 определяется по формуле:

$$T_1 = B_1 - M. \quad (5)$$

Величина зоны T_2 определяется по формуле:

$$T_2 = B_2 - M. \quad (6)$$

В процессе движения опрыскивателя на геометрические параметры обработанной полосы также оказывают влияние угловые перемещения штанги относительно оси подвеса, вследствие чего зона покрытия рабочим раствором меняется [12]. Расчет зоны покрытия от угловых колебаний необходимо вести с учетом угла отклонения центральной оси форсунки от вертикали ε (рисунок 2).

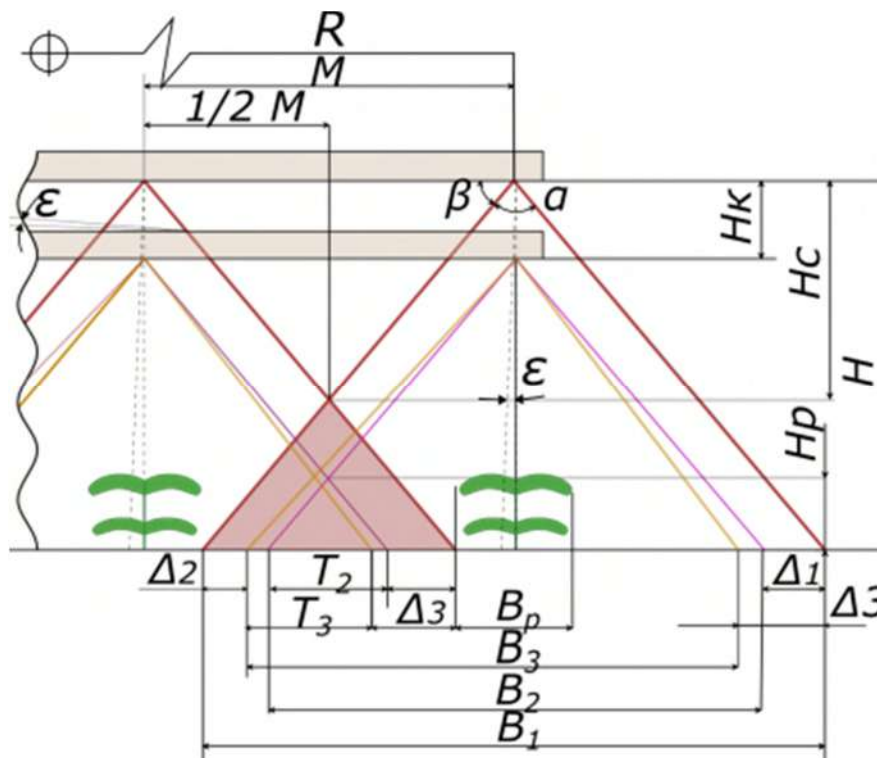


Рисунок 2 – Геометрические параметры вертикального опрыскивания с учетом угловых колебаний штанги относительно оси подвеса

Figure 2 – Geometric parameters of vertical spraying, taking into account angular oscillations of the boom relative to the axis of suspension

Изменение зоны покрытия по всей длине штанги опрыскивателя $L_{ш}$ зависит от расстояния, на которое удалена конкретная форсунка от оси подвеса, длины самой штанги и величины плоскопараллельных перемещений.

С учетом допущений, принятых в данных расчетах:

$$\varepsilon = \arctg \frac{H_k}{L_{ш}}. \quad (7)$$

Для опрыскивателя с шириной захвата 24 м ($L_{\text{ш}} = 12$ м) $\varepsilon = 1,43^\circ$, что окажет влияние на геометрические размеры зоны покрытия от форсунки B_3 с образованием зоны повторного внесения T_3 . При этом изменение зоны покрытия с учетом угловых колебаний штанги составит Δ_2 и Δ_3 :

$$B_3 = (H - H_k) \cdot \left(tg \left(\frac{\alpha}{2} + \varepsilon \right) + tg \left(\frac{\alpha}{2} - \varepsilon \right) \right). \quad (8)$$

Изменение зоны покрытия B_1-B_3 с учетом угловых колебаний штанги относительно оси подвеса будет состоять из суммы двух отклонений по обеим сторонам факела распыла Δ_2 и Δ_3 :

$$B_1 - B_3 = \Delta_2 + \Delta_3 = 2H \cdot tg \frac{\alpha}{2} - (H - H_k) \cdot \left(tg \left(\frac{\alpha}{2} + \varepsilon \right) + tg \left(\frac{\alpha}{2} - \varepsilon \right) \right). \quad (9)$$

Величина зоны T_3 определяется по формуле:

$$T_3 = (H - H_c - H_k) \cdot \left(tg \left(\frac{\alpha}{2} + \varepsilon \right) + tg \left(\frac{\alpha}{2} - \varepsilon \right) \right). \quad (10)$$

Неравномерность рабочего раствора по ширине обработанной полосы с учетом угловых колебаний штанги относительно оси подвеса можно определить как разность между величинами зон повторного внесения препарата T_2 и T_3 :

$$T_2 - T_3 = \left(\frac{2(H-H_k)}{tg(90-\frac{\alpha}{2})} - \frac{2(H-H_k)}{tg(90-\frac{\alpha}{2}+\varepsilon)+tg(90-\frac{\alpha}{2}-\varepsilon)} \right) - M. \quad (11)$$

Оценка эффективности технологического процесса опрыскивания относительно высоты расположения штанги над обрабатываемой поверхностью проводилась по показателю эффективности высоты штанги $H_{\text{эф}}$, который показывает долю высоты объекта обработки в общей высоте штанги над обрабатываемой поверхностью, выраженный в %. Показатель $H_{\text{эф}}$ с учетом ее перемещений в вертикальной плоскости определяется по формуле:

$$H_{\text{эф}} = \frac{(H_{\text{эф,ниж}} - H_{\text{эф,верх}})}{2}, \quad (12)$$

где $H_{\text{эф,ниж}}$ – показатель эффективности высоты штанги при нижнем ее положении с учетом вертикальных перемещений во время движения опрыскивателя, %; $H_{\text{эф,верх}}$ – показатель эффективности высоты штанги при верхнем ее положении с учетом вертикальных перемещений во время движения опрыскивателя, %:

$$H_{\text{эф,ниж}} = \frac{H_p}{H - \frac{1}{2}H_k} \cdot 100, \quad (13)$$

$$H_{\text{эф,верх}} = \frac{H_p}{H + \frac{1}{2}H_k} \cdot 100. \quad (14)$$

Оценка эффективности технологического процесса опрыскивания относительно ширины обработанной полосы проводилась по показателю эффективности $B_{\text{эф}}$, который показывает долю ширины рабочей полосы B_p в ширине обработанной полосы, выраженный в %. Показатель $B_{\text{эф}}$ определяется двумя крайними положениями штанги (верхним и нижним) в вертикальной плоскости с учетом ее колебаний и определяется по формуле:

$$B_{\text{эф}} = \frac{(B_{\text{эф,ниж}} - B_{\text{эф,верх}})}{2}, \quad (15)$$

где $B_{\text{эф,верх}}$ – показатель эффективности ширины обрабатываемой полосы при верхнем положении штанги с учетом вертикальных перемещений во время движения опрыскивателя, %; $B_{\text{эф,ниж}}$ – показатель эффективности ширины обрабатываемой полосы при нижнем положении штанги с учетом вертикальных перемещений во время движения опрыскивателя, %:

$$Вэф_{\text{верх}} = \frac{B_p}{B_1} \cdot 100, \quad (16)$$

$$Вэф_{\text{ниж}} = \frac{B_p}{B_3} \cdot 100. \quad (17)$$

Соответственно, чем большие значения принимают показатели $H_{эф}$ и $B_{эф}$, тем более эффективно используется высота и ширина обработанной полосы. Это является показателем сокращения побочного действия пестицида и улучшение показателей экологической безопасности технологического процесса опрыскивания.

Результаты и обсуждение. Применение вертикального способа распыла позволяет проводить опрыскивание без эффекта сплошного внесения препарата при условии $B < M$. То есть, когда ширина обработанной полосы меньше ширины междурядья, происходит сокращение площади внесения препарата, что является показателем повышения эффективности опрыскивания. Из исследуемых углов распыла применение угла $\alpha = 65^\circ$ позволяет обрабатывать пропашные культуры по полосам до достижения высоты культурного растения 0,25 м, применение угла $\alpha = 80^\circ$ до достижения высоты культурного растения 0,12 м. Применение угла распыла $\alpha = 110^\circ$ на всем протяжении роста и развития культурного растения ведет к сплошному опрыскиванию, и для применения в полосовом земледелии не может быть рекомендован. Однако, при сплошном опрыскивании (например, на операциях по десикации и дефолиации, внесении гербицидов до посева) позволяет повышать экологическую безопасность вертикального опрыскивания в области высоты штанги над объектом обработки.

Увеличение угла распыла α положительно влияет на параметры экологической безопасности в области высоты штанги во время опрыскивания. Так, например, для высоты объекта обработки $H_p = 0,08$ м при распыле форсункой 65° высота опрыскивания $H_{65} = 0,9$ м, при распыле форсункой 80° высота опрыскивания $H_{80} = 0,77$ м, при распыле форсункой 110° высота опрыскивания $H_{110} = 0,6$ м.

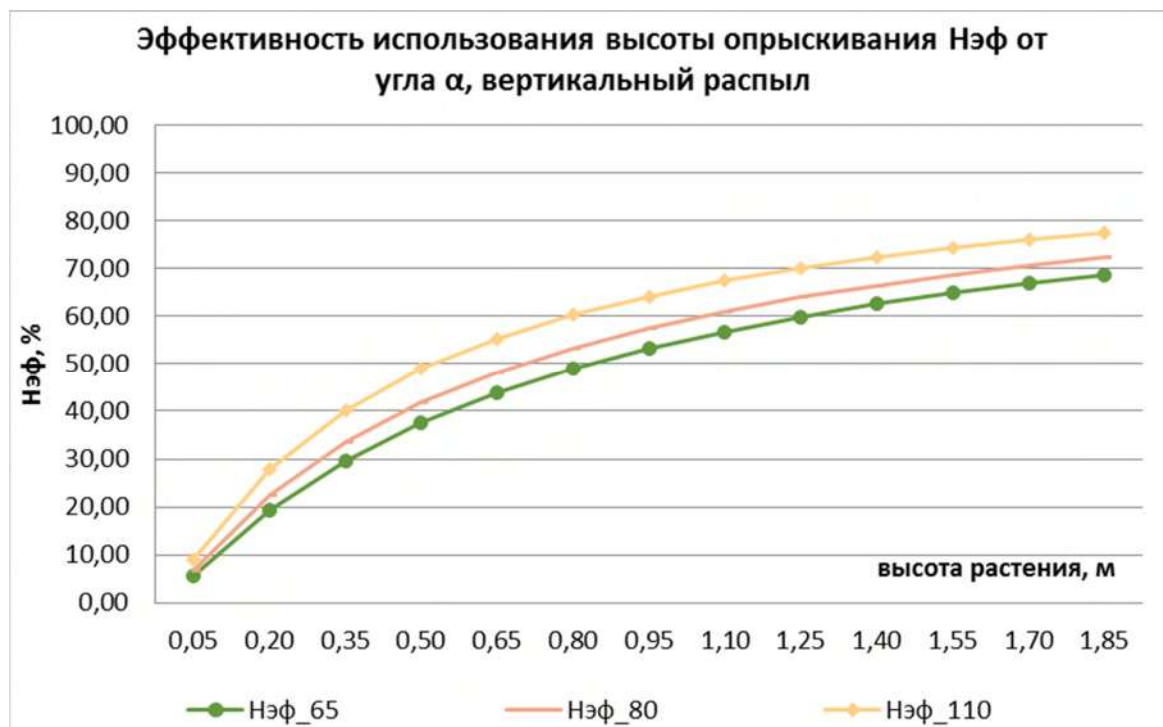


Рисунок 3 – Эффективность использования высоты опрыскивания от угла распыла α

Figure 3 – Effectiveness of using the spray height from the spray angle α

С увеличением высоты объекта обработки и увеличением угла распыла форсунки непроизводительная трата рабочего раствора, необходимая для обеспечения технологических параметров опрыскивания на вертикальном участке от форсунки до макушки культурного растения, сокращается (рисунок 3). Данные зависимости подтверждает показатель эффективности высоты штанги $H_{эф}$.

Приближение форсунки к верхней части объекта обработки повышает эффективность высоты штанги. И, наоборот, увеличение расстояния между форсункой и объектом обработки, ведет к ухудшению эффективности по показателю $H_{эф}$. Наиболее эффективным является значение 77,55 %, которое соответствует высоте штанги $H=2,1$ м при фазе роста объекта обработки высотой $H_p=1,85$ м при применении вертикального способа опрыскивания форсункой с углом распыла $\alpha=110^\circ$. Худшим вариантом из анализируемых данных является значение 5,72 %, которое получено при высоте штанги $H=0,9$ м, на которой проводится обработка растений высотой $H_p=0,05$ м при применении вертикального способа опрыскивания форсункой с углом распыла $\alpha=65^\circ$.

Увеличение ширины объекта обработки B_p для углов распыла 65° и 80° увеличивают показатель эффективности ширины обработанной полосы в зависимости от изменения ширины объекта для угла 65° от 16,36 до 23,16 %. для угла 80° от 15,38 до 18,55 % (рисунок 4). Для угла распыла $\alpha=110^\circ$ эффективность ширины обработанной полосы $B_{эф}$ с увеличением ширины растения сокращается (с 13,29 % для ширины растения 0,15 м до 11,74 % для ширины растения 0,75 м). Данное явление объясняется большим приращением по ширине обработанной полосы от колебаний штанги для угла распыла более 90° . Для форсунки с углом распыла более 90° при выполнении расчетов по ширине обработанной полосы B_3 тангенс угла больше 1, что при вычислении $B_{эф}$ ведет к сокращению значения коэффициента $B_{эф}$ (в нашем случае для угла распыла 110°), по сравнению с приращением ширины обработанной полосы для угла распыла менее 90° (в нашем случае 65° и 80°).

Изменения между разницей в ширине обработанной полосы B_1-B_2 и B_1-B_3 при установке форсунки с углом распыла $\alpha=65^\circ$ составляет 0,09 %; для $\alpha=80^\circ$ 0,11 %; для $\alpha=110^\circ$ 0,19 % соответственно (таблицы 1, 2, 3).

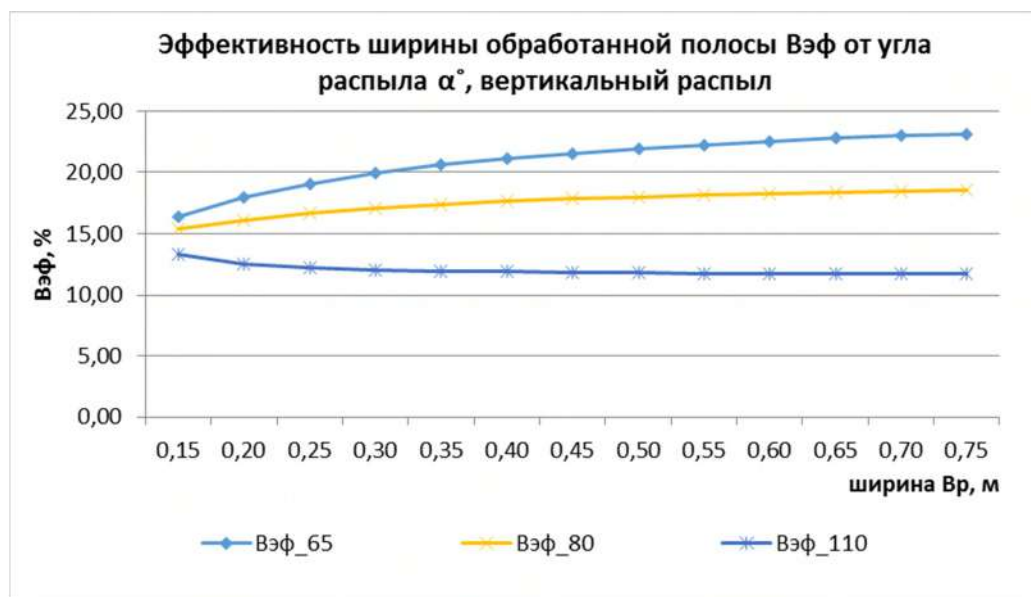


Рисунок 4 – Влияние угла распыла α° на эффективность ширины обработанной полосы при вертикальном распыле

Figure 4 – Effect of spray angle α° on the efficiency of the treated swath width at vertical spraying

Как видим, увеличение угла распыла влияет на увеличение рассматриваемой разницы в ширине обработанной полосы, однако при всех рассматриваемых углах распыла изменение ширины обработанной полосы в результате влияния угловых перемещений не существенно, и не может являться ключевым фактором сокращения отрицательного эффекта изменения ширины обработанной полосы.

Таблица 1 – Значение ширины зоны повторного внесения T при вертикальном способе опрыскивания для угла распыла 65° ($M=0,7$ м)

Table 1 – Value of reapplication zone width T for vertical spraying method for 65° spray angle ($M=0,7$ m)

Нр, м	Вр, м	$\alpha=65^\circ$					
		T_1	T_2	T_3	$2\Delta_1$	$\Delta_2+\Delta_3$	$T_3-T_2, \%$
0,05	0,15	0,45	0,06	0,0638	0,38	0,0001	0,09
0,20	0,20	0,64	0,25	0,2551	0,38	0,0002	0,09
0,35	0,25	0,83	0,45	0,4463	0,38	0,0003	0,09
0,50	0,30	1,02	0,64	0,6376	0,38	0,0004	0,09
0,65	0,35	1,21	0,83	0,8289	0,38	0,0006	0,09
0,80	0,40	1,40	1,02	1,0202	0,38	0,0007	0,09
0,95	0,45	1,59	1,21	1,2115	0,38	0,0010	0,09
1,10	0,50	1,78	1,40	1,4028	0,38	0,0011	0,09
1,25	0,55	1,97	1,59	1,5941	0,38	0,0013	0,09
1,40	0,60	2,17	1,78	1,7854	0,38	0,0015	0,09
1,55	0,65	2,36	1,97	1,9766	0,38	0,0016	0,09
1,70	0,70	2,55	2,17	2,1679	0,38	0,0018	0,09
1,85	0,75	2,74	2,36	2,3592	0,38	0,0021	0,09

Таблица 2 – Значение ширины зоны повторного внесения T при вертикальном способе опрыскивания для угла распыла 80° ($M=0,7$ м)

Table 2 – Value of reapplication zone width T for vertical spraying method for 80° spray angle ($M=0,7$ m)

Нр, м	Вр, м	$\alpha=80^\circ$					
		T_1	T_2	T_3	$2\Delta_1$	$\Delta_2+\Delta_3$	$T_3-T_2, \%$
0,05	0,15	0,59	0,08	0,0840	0,50	0,0001	0,11
0,20	0,20	0,84	0,34	0,3360	0,50	0,0002	0,11
0,35	0,25	1,09	0,59	0,5880	0,50	0,0004	0,11
0,50	0,30	1,34	0,84	0,8400	0,50	0,0007	0,11
0,65	0,35	1,59	1,09	1,0920	0,50	0,0010	0,11
0,80	0,40	1,85	1,34	1,3440	0,50	0,0012	0,11
0,95	0,45	2,10	1,59	1,5960	0,50	0,0016	0,11
1,10	0,50	2,35	1,85	1,8480	0,50	0,0018	0,11
1,25	0,55	2,60	2,10	2,1000	0,50	0,0021	0,11
1,40	0,60	2,85	2,35	2,3520	0,50	0,0024	0,11
1,55	0,65	3,10	2,60	2,6040	0,50	0,0026	0,11
1,70	0,70	3,36	2,85	2,8560	0,50	0,0028	0,11
1,85	0,75	3,61	3,10	3,1080	0,50	0,0033	0,11

При способе вертикального опрыскивания факелы распыла от соседних форсунок при условии, что ширина обработанной полосы больше ширины междурядья ($B>M$), образуют зоны повторного внесения препарата T , ширина которых изменяется в зависимости от величины колебаний штанги H_k . По ширине зона повторного внесения T также изменяется на величину $2\Delta_1$ для случая плоскопараллельных перемещений (T_1 -

T_2) и на величину $\Delta_2 + \Delta_3$ для случая угловых перемещений ($T_1 - T_3$) (Рисунок 5). Образование зон повторного внесения препарата являются показателем снижения экологической безопасности в области внесения пестицидов.

Таблица 3 – Значение ширины зоны повторного внесения T при вертикальном способе опрыскивания для угла распыла 110° ($M=0,7$ м)

Table 3 – Value of reapplication zone width T for vertical spraying method for 110° spray angle ($M=0,7$ m)

Нр, м	Вр, м	$\alpha=110^\circ$					
		T_1	T_2	T_3	$2\Delta_1$	$\Delta_2 + \Delta_3$	$T_3 - T_2, \%$
0,05	0,15	1,00	0,14	0,14	0,86	0,0004	0,19
0,20	0,20	1,43	0,57	0,57	0,86	0,0008	0,19
0,35	0,25	1,86	1,00	1,00	0,86	0,0012	0,19
0,50	0,30	2,29	1,43	1,43	0,86	0,0021	0,19
0,65	0,35	2,71	1,86	1,86	0,86	0,0029	0,19
0,80	0,40	3,14	2,29	2,29	0,86	0,0036	0,19
0,95	0,45	3,57	2,71	2,72	0,86	0,0047	0,19
1,10	0,50	4,00	3,14	3,15	0,86	0,0055	0,19
1,25	0,55	4,43	3,57	3,58	0,86	0,0063	0,19
1,40	0,60	4,86	4,00	4,01	0,86	0,0073	0,19
1,55	0,65	5,28	4,43	4,44	0,86	0,0080	0,19
1,70	0,70	5,71	4,86	4,86	0,86	0,0086	0,19
1,85	0,75	6,14	5,28	5,29	0,86	0,0100	0,19

Проведенные исследования геометрических параметров зоны повторного внесения для различных углов распыла $\alpha=65^\circ, 80^\circ, 110^\circ$ при междурядье $M=0,7$ м с изменяющейся высотой опрыскивания H показывают, что ширина зоны T возрастает в зависимости от увеличения угла распыла α .

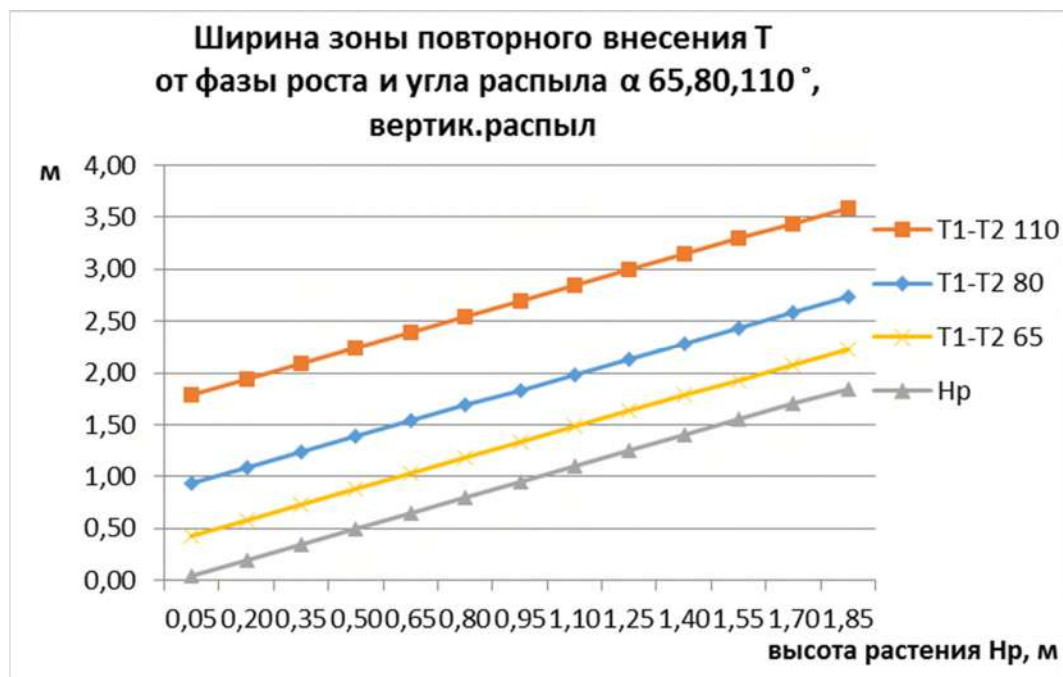


Рисунок 5 – Изменение ширины зоны повторного внесения от изменения угла распыла форсунки

Figure 5 – Changing the width of the reapplication zone as a function of changing the nozzle angle

Проведенные расчеты по исследованию параметров обрабатываемой полосы и зоны повторного внесения показали, что значение приращения для ширины обработанной полосы B и ширины зоны повторного внесения T , при одинаковых углах форсунки α и междурядья M совпадает и увеличивается прямо пропорционально увеличению угла распыла форсунки α .

Результаты расчета зоны повторного внесения препарата в зависимости от вертикальных и угловых перемещений штанги, представленные в Таблицах 1,2,3 показали, что увеличение угла распыла при изменении зоны повторного внесения T_1-T_2 в результате плоскопараллельных перемещений штанги оказывает на геометрические параметры зоны повторного внесения T гораздо более существенное влияние, чем изменение зоны повторного внесения T_3-T_2 в результате угловых перемещений штанги. При всех рассматриваемых углах распыла полученная разница не существенна, и не может являться ключевым фактором сокращения отрицательного эффекта изменения ширины обработанной полосы в результате угловых перемещений.

Выводы. При вертикальном способе распыла для повышения экологической безопасности технологического процесса опрыскивания в части высоты расположения штанги над объектом обработки следует выбирать форсунку с большим углом распыла (80°). Применение форсунки с меньшим углом распыла (65°) увеличивает зону неэффективного использования высоты штанги. Однако выбор большего угла распыла влияет на увеличение ширины обрабатываемой полосы. Применение угла распыла 110° при обработке пропашных культур может быть рекомендовано только на операциях по внесению гербицида до всходов или проведении десикации, когда целесообразна сплошная обработка.

При способе вертикального опрыскивания факелы распыла от соседних форсунок при условии, что ширина обработанной полосы больше ширины междурядья ($B > M$), образуют зоны повторного внесения препарата T , ширина которых изменяется в зависимости от величины колебаний штанги H_k .

Увеличение угла распыла при изменении зоны повторного внесения T_1-T_2 в результате плоскопараллельных перемещений штанги оказывает на геометрические параметры зоны повторного внесения T гораздо более существенное влияние, чем изменение зоны повторного внесения T_3-T_2 в результате угловых перемещений штанги.

Способ вертикального опрыскивания при обработке пропашных культур нуждается в совершенствовании по показателям высоты штанги над обрабатываемым объектом и ширины обработанной полосы.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Белоусов С. В. Технологический процесс полосового опрыскивания как компонент регенеративного земледелия при возделывании пропашных культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 174 (10). С. 36-51. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-174-005>.
2. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 340-349.
3. Варфоломеева М. М., Фомина И. В. Из опыта модернизации прицепного штангового опрыскивателя // Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2017. № 11. С. 128-134.
4. Данилов М. В., Абаев В. В. Особенности технологии защиты растений с применением штанговых опрыскивателей и ее недостатки // Вестник научных конференций. 2019. № 3-1 (43). С. 46-47.

5. Киреев И. М., Коваль З. М. Результаты моделирования технологического процесса распределения капельной жидкости между распылителями штанговых опрыскивателей // Техника и оборудование для села. 2018. № 12. С. 16-21.
6. Лукомец В. М., Пивень В. Т., Тишков Н. М. Защита подсолнечника от вредителей и болезней // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 14-16.
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. Мезникова М. В. Методика оценки качественных показателей опрыскивания на основе анализа тонового изображения объекта в цветовом пространстве файла // Вестник аграрной науки Дона. 2022. № 3 (59). С. 62-71.
9. Продуктивность культур севооборота в зависимости от различных технологий / Т. П. Сабирова, С. В. Щукин, Р. А. Сабилов [и др.] // Кормопроизводство. 2018. № 12. С. 23-25.
10. Ударцева О. В. Анализ основных критериев обеспечения экологической безопасности процесса распыления пестицидов // Fundamental and applied science: Materials of the XI international research and practice conference. Ecology. Geography and geology. Sheffield. Science and education LTD, 2014. Т. 15. С. 21-26.
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. Kruk I. S., Tiunchik A. A. Simulation of rod vibration process with an independent pendular suspension and vertical stabilization system // The Belarusian State Agrarian Technical University. 2018. V. 56. No 4. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-469-480>.
13. 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.
14. Modeling soil organic carbon and carbon dioxide emissions in different tillage systems supported by precision agriculture technologies under current climatic conditions / D. Cillis, B. Maestrini, A. Pezzuolo, F. Marinello, L. Sartori // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 183. P. 51-59.

Информация об авторе:

Мезникова Марина Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, +7(960)883-09-50, E-mail: marina_roxette@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-60

IMPROVEMENT OF THE ELEMENTS OF CORN CULTIVATION TECHNOLOGY FOR GRAIN IN THE CONDITIONS OF AMUR REGION

K. A. Nikul'chev, V. V. Mazur, A. A. Kuvshinov

*Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean»,
Amur Region, Blagoveshchensk, Russia*

Received 17.08.2022

Submitted 02.12.2022

The research was carried out within the framework of scientific research on the topic No. 0820-2019-0003 "To develop and economically justify a comprehensive system of cultivation of field crops using highly productive varieties and innovative agrotechnological techniques based on the study of the use of fertilizers, plant protection products, photosynthetic and symbiotic activities in cost-effective crop rotations" (in accordance with the research plan of the Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», for 2019-2022)

Abstract

Introduction. An important element of mechanized care of wide-row corn crops during grain cultivation in the system of biologized agriculture is row-to-row processing. **The purpose of the study:** to evaluate the effectiveness of mechanized care of wide-row (70 cm) corn crops for grain

as an element of varietal technology in the system of biologized agriculture in comparison with the traditional technology for the Amur region of corn cultivation with the use of chemical plant protection products. **Materials and methods:** In the village of Sadovoye in the Tambovskij district of the Amur region, on the basis of the Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», a field experience was laid "Improving row-to-row tillage with a wide-row method of cultivating corn for grain in the Amur region". **Results and conclusion.** During the survey of the area under the corn crops, the species composition of weeds was established. The complex of working organs and their arrangement in the tillage unit has been identified, which make it possible to improve the water-physical properties of the soil and significantly reduce the number of perennial rhizomatous weeds. The use of a cultivator for row-to-row processing of corn crops with combinations consisting of two one-sided plane-cutting paws (razors) with an overlap of the edge of the working organs in combination with a pointed paw in the center of the aisle and two universal pointed paws with an overlap of the edge of the working organs + chisel-shaped paw and needle discs in the center of the aisle provided an increase in grain yield relative to the variant with the use of chemical protection products by 7.34 and 5.88 t/ha against the background of a significant improvement in the phytosanitary condition of crops and improvement of the agrophysical properties of the soil.

Key words: corn, complex of working organs, row-to-row processing, herbicides, weeds, soil agrophysics.

Citation. Nikul'chev K. A., Mazur V. V., Kuvshinov A. A. Improvement of the elements of corn cultivation technology for grain in the conditions of Amur region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 514-523 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-60.

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 631.31

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

К. А. Никульчев, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

В. В. Мазур, младший научный сотрудник

А. А. Кувшинов, кандидат технических наук, научный сотрудник

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»,
Амурская область, г. Благовещенск, Россия

Дата поступления в редакцию 17.08.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Исследования проведены в рамках выполнения научно-исследовательских работ по теме №0820-2019-0003 «Разработать и экономически обосновать комплексную систему возделывания полевых культур с использованием высокопродуктивных сортов и инновационных агротехнологических приёмов на основе изучения применения удобрений, средств защиты растений, фотосинтетической и симбиотической деятельности в экономически эффективных севооборотах» (в соответствии с планом НИР ФНЦ ВНИИ сои на 2019-2022 гг.)

Актуальность. Важным элементом механизированного ухода за широкорядными посевами кукурузы при возделывании на зерно в системе биологизированного земледелия является междурядная обработка. Цель исследования – оценить эффективность механизированного ухода за широкорядными (70 см) посевами кукурузы на зерно как элемента сортовой технологии в системе биологизированного земледелия по сравнению с традиционной для Амурской области технологией возделывания кукурузы с применением химических

средств защиты растений. **Материалы и методы.** В селе Садовое Тамбовского района Амурской области на базе ФНЦ ВНИИ сои был заложен полевой опыт «Совершенствование междурядной обработки почвы при широкорядном способе возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области». **Результаты и выводы.** При обследовании участка под посевами кукурузы установлен видовой состав сорных растений. Выявлен комплекс рабочих органов и их расстановка в почвообрабатывающем агрегате, позволяющие добиться улучшения водно-физических свойств почвы и значительно снизить численность многолетних корневищных сорняков. Использование для междурядной обработки посевов кукурузы культиватора с комбинациями, состоящими из двух односторонних плоскорежущих лап (брить) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрелчатой лапой по центру междурядья и двух универсальных стрелчатых лап с перекрытием кромки рабочего органа + долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья обеспечило прибавку урожайности зерна относительно варианта с применением химических средств защиты на 7,34 и 5,88 т/га на фоне значительного улучшения фитосанитарного состояния посевов и улучшения агрофизических свойств почвы.

Ключевые слова: кукуруза зерновая, комплекс рабочих органов, междурядная обработка посевов, гербициды, сорняки, агрофизика почвы.

Цитирование. Никульчев К. А., Мазур В. В., Кувшинов А. А. Совершенствование элементов технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 514-523. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-60.

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. На Дальнем Востоке одной из стратегических культур, имеющих существенное значение в экономике хозяйств, является кукуруза. Кукуруза занимает ведущее место по уровню и стабильности урожая зерна и играет роль страховой культуры среди зерновых. Необходимость производства кукурузы на зерно возрастает в связи с ростом потребности в концентрированных кормах для обеспечения, развивающегося в области животноводства. По данным сайта министерства сельского хозяйства Российской Федерации, за период с 2008 по 2021 год посевные площади под кукурузу на зерно выросли в 1,65 раза, а в Амурской области в 9,3 раза (рисунки 1, 2).

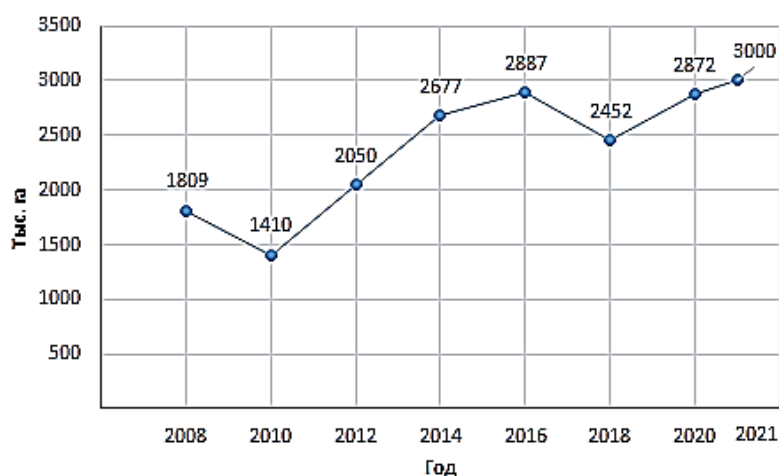


Рисунок 1 – Посевные площади кукурузы на зерно в России (2008-2021 гг.), тыс. га

Figure 1 – Acreage of corn for grain in Russia (2008-2021), thousand hectares

По информации, размещенной на сайте министерства сельского хозяйства Амурской области, пик роста посевных площадей под кукурузу на зерно отмечен в 2014 году. С 2015 года наблюдался спад производства кукурузы на зерно за счёт сокращения посевных площадей. Падение цен на зерно кукурузы не оказало влияния на его производство, и с 2018 года вновь замечен рост посевных площадей, как в Амурской области, так и в целом на территории РФ.

В Амурской области из-за слабой материально-технической базы хозяйств, в частности, по послеуборочной обработке зерна сельскохозяйственные товаропроизводители не могут принимать, сортировать и сушить зерно кукурузы в достаточных объемах. С 2020 года, после относительного спада, наметилась тенденция роста посевных площадей, что связано с появлением востребованности её на рынке.

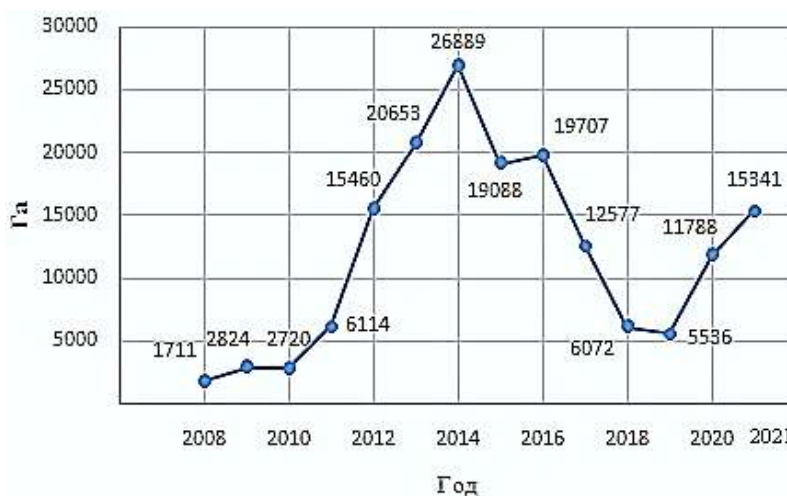


Рисунок 2 – Посевные площади под кукурузу на зерно в Амурской области (2008-2021 гг.), га

Figure 1 – Acreage for corn for grain in the Amur region (2008-2021), ha

Основная задача современных технологий возделывания кукурузы на зерно – обеспечить реализацию потенциальных возможностей сортов и гибридов в биологизированном земледелии.

Важным элементом механизированного ухода за широкорядными посевами кукурузы при возделывании на зерно является междурядная обработка [2, 7]. В условиях лесостепного Зауралья учеными установлено, что наибольшую производительность в сочетании с максимальной экономической эффективностью обеспечивает применение послевсходовых гербицидов кросс-спектра с экраным действием, на фоне которых механический уход за растениями сводится к одной культивации междурядий, а общее число операций сокращается до двух [3]. Результатами научных исследований, проведенных в условиях Западного Предкавказья, установлено, что применение глубокой обработки почвы, особенно отвальной, в сочетании с гербицидом Майстер и двумя междурядными культивациями позволяет не только эффективно бороться с сорной растительностью при возделывании кукурузы, но и улучшить водно-воздушный режим чернозема (Матирный А. Н., Логойда Т. В., Макаренко А. А., 2017). Аналогичные данные получены и учеными Азербайджана, выявлено, что самый высокий рост и развитие растений кукурузы получается при двухразовой междурядной обработке, при густоте посева 47 тыс. зерен на гектар и на фоне $N_{140}+P_{100}+20$ тонн навоза и как при двухразовой междурядной обработке, так и при замене второй междурядной обработки на обработку с окучиванием [1]. В некоторых работах в результате изучения различных техно-

логий возделывания и методов ухода за посевами кукурузы, установлено, что наибольшая урожайность и эффективная защита от сорняков достигается при оптимальном сочетании химических и механических методов ухода за посевами, а в условиях степной зоны Краснодарского края обработка почвы дисковой бороной Wil-Rich на глубину 10-12 см, уступает по эффективности отвальной зяблевой вспашке, чизельной и дисковой обработкам при применении гербицидов летом по чистоте от сорняков и урожайности зерна [12]. В засушливых условиях Западной Сибири сочетание приемов обработки почвы, применения гербицидов и способов посева способствовало получению устойчивых урожаев зерна кукурузы на уровне 3-5 т/га (Дмитриев В. И., Кваша А. В., 2011). Исследования, проведенные в условиях РСО-Алания, доказывают, что использование биопрепарата Экстрасол и микроудобрения Кристалона в сочетании с прикорневой азотной подкормкой кальциевой селитрой экономически выгодно и может стать необходимым агротехническим приемом [8]. В Исследовательском центре минимальных систем и устойчивых сельскохозяйственных технологий на северо-западе Румынии исследовалось влияние системы минимальной обработки почвы на оптимальный воздушно-водный режим. В результате исследований была получена почва, обладающая повышенной защитной способностью противостоять ветровой и водной эрозии и использующая меньше питательных веществ для прорастания семян (Rusu T., Gus P., Bogdan I., Moraru P. I., Pop A. I., Clapa D., Marin D. I., Oroian I., 2009). В округе Колумбия (США) проводились сравнения способов повышения улучшения водно-воздушного баланса почвы. Сделан вывод о том, что полосовая обработка почвы может обеспечить большее преимущество в урожайности на почвах с недостаточным водно-воздушным режимом (Schmidt B., 2001). В штате Пенджаб (Индия) в результате проведения полевых экспериментов учёными было выяснено, что по сравнению с контролем применение N увеличило урожайность кукурузы и водопотребление во всех ситуациях. Удобрённая культура использовала на 23-49 мм больше воды, чем неудобрённая, а в годы с низким количеством осадков использовала больше воды из нижних слоев (120-180) (Singh R., Dass B., Singh Y., 1979).

Вышеуказанные исследования по снижению химической нагрузки и улучшению водно-воздушного режима почвы, определению оптимальной предпосевной и междурядной обработки почвы проведены в основном в почвенно-климатических условиях Западного Предкавказья, лесостепной зоны Поволжья, в условиях Урала и Зауралья РФ [4-6, 9-11].

На Дальнем Востоке, в том числе и для Амурской области, эти вопросы мало изучены, поэтому исследования по определению оптимального соотношения методов химической обработки и использования комбинаций почвообрабатывающих органов для междурядной обработки при возделывании кукурузы на зерно весьма актуальны.

В связи с этим, целью работы является оценка эффективности механизированного ухода за ширококрядными (70 см) посевами кукурузы на зерно как элемента сортовой технологии в системе биологизированного земледелия по сравнению с традиционной для Амурской области технологией возделывания кукурузы с применением средств защиты растений (СЗР).

Материалы и методы. В с. Садовое Тамбовского района Амурской области на материально-технической базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои был заложен полевой опыт «Совершенствование междурядной обработки почвы при ширококрядном способе возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области». Для посева использовался среднеспелый гибрид кукурузы – Фалькон, предшественник – соя. Гибрид кукурузы Фалькон (ФАО 190), раннеспелый, зернового и силосного назначения, устойчивый к

засухе, заморозкам и к полеганию. Зерно кремнисто-зубовидное. Рекомендуемая густота стояния растений к уборке – 65 тыс. растений/га. Посев проводился 25 мая. Повторность в опыте трехкратная, общая площадь делянки – 200 м², учетная площадь – 50 м². Норма высева 80 тыс. всхожих зерен на 1 га. Глубина заделки семян – 4-5 см. Для уничтожения сорняков и рыхления почвы проводили две междурядные обработки в фазу формирования первого и пятого листа с использованием комбинации рабочих органов культиватора – две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрелчатой лапой по центру междурядья. Для сравнения в качестве стандарта применяли широко используемые в хозяйствах Амурской области химические средства борьбы с сорняками: почвенный гербицид – Гард-Голд (С-Метолахлор 312,5 г/л + Тербутилазин 187,5 г/л) 3-4 л/га, по вегетирующим растениям Титус Плюс (Дикамба (диметиламинная соль) 609 г/кг дикамбы к-ты + Римсульфурон 32,5 г/кг) 0,385 кг/га и Тренд 90 (водный раствор этоксилатаизодецилового спирта 900 г/л) 0,2 л/га. Из-за выпадения части растений на стадии посев-всходы (повреждение птицами) проводили косвенный учёт урожайности кукурузы вручную (с куستا) (Доспехов Б. А., 1985).

Несмотря на использование в хозяйствах Амурской области для осуществления ширококядного посева кукурузы различных моделей и модификаций сеялки Amazone и сеялок точного высева ТС-М 8000А в опыте производился посев сеялкой Берегиня АП 332, которая также способна обеспечить качественный посев кукурузы с шириной междурядий точнее 68 см.

Исследования видового разнообразия сорных растений в опыте проводились в июне. Засоренность учитывали количественно-весовым методом по методикам кафедры земледелия РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева (Самсонова В. П., Благовещенский Ю. Н., Кондрашкина М. И., 2006).

Обследование опытных участков проводилось в следующей последовательности: первое проводилось при появлении всходов кукурузы (06.07.2021 г.) для оценки исходного состояния участка для последующего проведения агротехнических мероприятий по борьбе с сорными растениями и оценке работы почвенного гербицида; второе обследование проводилось 28.07.2021 г. для оценки эффективности агротехнических мероприятий и работы гербицидов листового действия. Фаза развития кукурузы 3-5 листьев, сорняков – 3-5 листьев у широколиственных и 2-3 листа у злаковых сорняков. Статистическая обработка урожайных данных и результатов агрохимических анализов проводилась методом дисперсионного анализа (Доспехов Б. А., 1985).

Результаты и обсуждение. При оценке исходного фитосанитарного состояния участка было обнаружено 10 видов сорняков из 7 семейств. Основная доля сорной растительности представлена малолетней группой (86,9 %) относительно их общего количества (таблица 1). Применение комплекса гербицидов привело к снижению общего количества сорняков более чем в 2 раза относительно исходного показателя.

Что касается группы многолетних сорняков, проведение химической обработки не повлияло на их количество. В варианте опыта с внесением гербицидов количество многолетних сорняков увеличилось почти в 1,5 раза, относительно первоначального показателя и почти целиком было представлено корневищными формами. Известно, что корневищные формы сорняков являются основными конкурентами культурных растений в потреблении почвенной влаги и элементов питания. Междурядные обработки в фазу формирования первого и пятого листа с использованием комбинации рабочих органов культиватора – две односторонние плоскоре-

жущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрелчатой лапой по центру междурядья (вариант 2) и комбинации, состоящей из двух универсальных стрелчатых лап с перекрытием кромки рабочего органа + долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья (вариант 5) способствовали снижению относительно варианта с применением гербицидов количества корневищных сорняков в 4,2 и 2,7 раза соответственно.

Таблица 1 – Видовой и количественный состав сорной растительности в посевах кукурузы, шт./м²

Table 1 – Species and quantitative composition of weed vegetation in corn crops, pcs./m²

Сорные растения	Исходное состояние участка	Химический метод борьбы	Агротехнический способ борьбы				
		1	Варианты				
			2	3	4	5	
Шерстяк волосистый	55,3	32,0	41,3	30,7	14,7	32,0	
Марь белая	29,3	13,3	9,3	141,3	57,3	153,3	
Горец Вьюнковый	0,7	-	-	-	-	-	
Просо куриное	220,7	2,7	232,0	1,3		1,3	
Канатник Теофраста	0,7	-	-	-	-	-	
Дурнишник сибирский	0,7	-	-	-	-	-	
Овёс обыкновенный	0,7	-	-	4,0	14,7	4,0	
Щирица запрокинутая	33,3	4,0	5,3	8,0	2,7	12,0	
Акалифа южная	9,3	1,3	13,3	1,3	1,3		
Полынь обыкновенная	-	-	1,3	-	1,3	1,3	
Хвощ полевой	46,0	78,7	18,7	-	-	-	
Осот	6,7	-	-	-	-	1,3	
Горец почечуйный	-	-	2,7	-	2,7	8,0	
Горошек мышиный	-	5,3	-	32,0	4,0	29,3	
Сорные всего	403,3	137,3	324,0	218,7	98,7	242,7	
В т.ч. малолетние	350,7	53,3	304,0	185,3	94,7	212,0	
Многолетние	52,7	84,0	20,0	33,3	4,0	30,7	
Из них стержнекорневые	-	-	1,3	1,3	-	1,3	
Корневищные	46,0	78,7	18,7	32,0	4,0	29,3	
Корнеотпрысковые	6,7	5,3	-	-	-	-	

Снижение количества многолетних корневищных сорняков в вариантах с обработкой междурядий культиватором с комбинацией подрезающих сорняки и рыхлящих почву рабочих органов сопровождалось накоплением повышенных запасов доступной почвенной влаги в слое почвы 0-20 см (таблица 2). Установлена средняя обратная зависимость между содержанием доступной влаги и количеством многолетних сорняков ($R = -0,56$).

Наибольшее превышение содержания доступной почвенной влаги (средний показатель по двум обработкам) относительно варианта с применением гербицидов отмечено при использовании комбинации рабочих органов культиватора – две односторонние плоско-режущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрелчатой лапой по центру междурядья (вариант 2) и комбинации, состоящей из двух универсальных стрелчатых лап с перекрытием кромки рабочего органа + долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья (вариант 5), соответственно на 28 и 22 %.

Улучшение фитосанитарного состояния посева и физических свойств почвы положительно сказалось на урожайности зерна кукурузы. При сравнении агротехнических приёмов ухода за широкорядными посевами кукурузы относительно традиционной технологии, включающей комплекс химических препаратов для борьбы с сорной

растительностью, в посевах установлено, что в вариантах опыта 2 и 5 при комбинациях рабочих органов – две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа + стрельчатая лапа по центру междурядья и две универсальные стрельчатые лапы с перекрытием кромки рабочего органа + долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья, превышение урожайности составило 7,34 и 5,88 т/га соответственно (таблица 3).

Таблица 2 – Влияние способов обработки на объемную массу и порозность почвы

Table 2 – The effect of processing methods on the bulk mass and porosity of the soil

Варианты	Слой почвы	Объемная масса, г/см ³		Влажность, % к массе		Содержание воздуха в почве фактическое, % к объему		Общий запас влаги, мм		Содержание доступной влаги, мм	
		1 обработка	2 обработка	1 обработка	2 обработка	1 обработка	2 обработка	1 обработка	2 обработка	1 обработка	2 обработка
1	0 10	1,05	1,09	19,8	19,1	41	39,1	20,55	20,7	9,55	9,25
	10 20	1,48	1,47	22,1	22,2	12,35	18,55	32,8	48,35	17,15	16,8
2	0 10	1,10	1,25	21,8	29,45	35	29,35	25,05	24,35	12,3	17,05
	10 20	1,46	1,51	22,35	21,45	13,45	11,75	32,55	32,35	22,1	16,35
3	0 10	1,18	1,13	19,45	21,1	33,4	34,45	23,95	23,7	10,45	11,75
	10 20	1,35	1,5	21,9	21,9	13	11,35	32,35	32,95	16,6	17,05
4	0 10	1,11	1,31	18,65	21,05	37,75	23,65	20,85	27,6	9	13,65
	10 20	1,5	1,44	23,15	21,5	9,55	15,4	34,8	31	18,9	15,7
5	0 10	1,26	1,23	20,45	24,4	27,3	24,45	25,85	30	12,5	17
	10 20	1,53	1,47	21,85	22,75	9,8	12,05	33,4	33,45	17,15	17,9

Таблица 3 – Урожайность зерна кукурузы, т/га / Table 3 – Corn grain yield, t/ha

№	Вариант	Урожайность, т/га
1	Контроль (комплекс химических средств защиты растений от сорняков)	4,50
2	Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа+ стрельчатая лапа по центру междурядья	11,84
3	Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа+ долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья	6,30
4	Две универсальные стрельчатые лапы с перекрытием кромки рабочего органа+ игольчатые диски по центру междурядья	5,94
5	Две универсальные стрельчатые лапы с перекрытием кромки рабочего органа+ долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья	10,37
НСР ₀₅		4,44
F _{факт}		5,23
F _{теор}		3,84

Установлена почти прямая взаимосвязь между урожайностью зерна кукурузы и содержанием доступной влаги в слое почвы 0-20 см в периоды формирования первого и пятого листа, $R=0,930-0,940$ при $R_{крит}=0,878$. Анализ множественной корреляционной зависимости показал, что урожайность зерна кукурузы на 71 % ($R=0,840$) взаимосвязана с изменением количества многолетних сорняков и содержанием доступной почвенной влаги.

Выводы. Использование для междурядной обработки посевов кукурузы культиватора с комбинациями, состоящими из двух односторонних плоскорежущих лап (бритв) с перекрытием кромки рабочего органа, в сочетании со стрелчатой лапой по центру междурядья и двух универсальных стрелчатых лап с перекрытием кромки рабочего органа + долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья способствовало уменьшению в 4,2 и 2,7 раза количества многолетних сорняков, более чем на 20 % содержание доступной почвенной влаги в слое почвы 0-20 см и превышение урожайности зерна на 7,34 и 5,88 т/га относительно варианта с применением химических средств защиты.

Библиографический список

1. Аббасов Р. Б. Влияние основных приемов возделывания на урожайность зерна кукурузы в условиях Закатальского района Азербайджанской Республики // Успехи современной науки. 2015. № 5. С. 15–18.
2. Бумбар И. В., Мазур В. В., Кувшинов А. А. Совершенствование технологий и технических средств при возделывании кукурузы на зерно в Южной сельскохозяйственной зоне Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 2 (58). С. 131-136.
3. Взаимодействие гербицидов кросс-спектра и междурядных обработок в комбинированных схемах контроля засорённости кукурузы / А. Э. Панфилов, И. Н. Цымбаленко, Н. И. Казакова, С. Б. Сайтов // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 295–302.
4. Демин Е. А. Влияние междурядной обработки и гербицида на засорённость посевов кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (66). С. 25-29.
5. Дорохов А. С., Старостин И. А., Ещин А. В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 26-35.
6. Кулиев, С. Р. Влияние комплексных мер борьбы на динамику распространения сорняков в посевах кукурузы / С. Р. Кулиев // Аграрная наука. 2019. № 7-8. С. 50-53.
7. Мазур В. В. Оценка эффективности применения комбинаций рабочих органов культиватора для возделывания кукурузы // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 4. С. 37-41.
8. Мамиев Д. М., Кумсиев Э. И., Шалыгина А. А. Эффективность биопрепарата Экстра-сол и микроудобрения Кристалон на посевах кукурузы // Горное сельское хозяйство. 2016. № 1. С. 102–108.
9. Мингалев С. К. Влияние густоты стояния, срока посева и приемов ухода на продуктивность гибридов кукурузы в условиях среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2018. № 5 (172). С. 38-43.
10. Мингалев С. К., Сурин И. В. Влияние приемов ухода на засорённость и продуктивность гибридов кукурузы // Аграрный вестник Урала. 2015. № 5 (135). С. 21-23.
11. Продуктивность гибридов кукурузы на зерно в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья / А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, Д. Э. Аюпов, А. В. Тюрин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2020. № 4 (52). С. 56-64.
12. Modern approaches to technology of cultivation of corn / М. Е. Chaplygin, А. V. Podzorov, М. V. Podzorova, А. Alchimbayeva // E3S Web of Conferences. Sevastopol, 2020. P. 01032.

Информация об авторах

Никольчев Константин Анатольевич, ведущий научный сотрудник лаборатории земледелия, агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои (675027, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 19), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(4162) 36-94-50, e-mail: nka@vniisoi.ru

Мазур Владимир Валерьевич, младший научный сотрудник лаборатории земледелия, агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои (675027, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 19), тел. +79140600176, e-mail: mavv@vniiso.ru

Кувшинов Алексей Алексеевич, научный сотрудник лаборатории механизации и автоматизации растениеводства ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои (675027, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 19), кандидат технических наук, тел. +79143957325, e-mail: kyaa@vniiso.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-61

ORGANIZATION OF BIOSPHERE MONITORING IN THE INTERNAL WATER BODIES OF THE SOUTH OF RUSSIA

M. K. Tikhonova, L. N. Medvedeva

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 17.09.2022

Submitted 02.12.2022

The authors are grateful for the financial support of the project "Conceptual and methodological foundations for the formation of an ecological ecotone on water management systems with the construction of agent-based models of biospheric monitoring and bioremediation" (No. 6 of December 20, 2021).

Abstract

Introduction. The relevance of the study is explained by the need to improve scientific approaches to organizing biospheric monitoring of water bodies located in the South of Russia, where there is high insolation, low humidity and increased anthropogenic load. The development of conceptual approaches to monitoring research and the use of environmentally friendly technologies in ensuring the ecological state of the reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin made it possible to justify the use of smart technologies and tools. Taking into account the growing human economic activity, the key requirements for the organization of monitoring are mobility and efficiency, automated processing and storage of the received data. Ecosystem management and maintenance at a highly productive level can be achieved by establishing certain relationships between the main hydrobionts, organizing the "launch" of self-cleaning technologies, and algolization with the help of microalgae *Chlorella vulgaris*. **The object** of research is the state of water and biological resources in the Varvarovsky and Bereslavsky reservoirs, which are part of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin, built more than 70 years ago. **Materials and methods.** Expeditionary and laboratory studies carried out at the Varvarovsky and Bereslavsky reservoirs included: determination of water quality for heavy metals, mineralization, presence of turbidity and gas regime. The study of zooplankton was reduced to identifying the main groups of living organisms that dominate during the summer season in reservoirs, the state of blue-green algae that create the "blooming effect" of the reservoir. The introduction of *Chlorella vulgaris* was carried out at one point. **Results and conclusions.** In the course of the study, results were obtained confirming that the state of water in the Varvarovsky and Bereslavsky reservoirs meets environmental standards and can be used for economic purposes. The developed automated online floating facility will speed up the process of biospheric monitoring and ensure efficiency in decision-making. The ongoing algolization of the reservoir of microalgae *Chlorella vulgaris* has expanded the understanding of the effectiveness and improvement of biotechnology.

Key words: reservoirs, biospheric monitoring, analysis of water quality and bioresources, water "blooming" effect, blue-green algae, zooplankton, *Chlorella vulgaris*.

Citation. Tikhonova M. K., Medvedeva L. N. Organization of biospheric monitoring in inland water bodies of the South of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 523-534 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-61.

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 the submitted final version and approved it.

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

УДК 631.95

**ОРГАНИЗАЦИЯ БИОСФЕРНОГО МОНИТОРИНГА
НА ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ ЮГА РОССИИ****М. К. Тихонова**, кандидат сельскохозяйственных наук**Л. Н. Медведева**, доктор экономических наук*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого
земледелия», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 17.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

*Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта
«Концептуально-методологические основы формирования экологического экотона
на водохозяйственных системах с построением агент-ориентированных моделей
биосферного мониторинга и биоремедиации» (№ 6 от 20 декабря 2021 года)*

Актуальность исследования объясняется необходимостью совершенствования научных подходов организации биосферного мониторинга за водными объектами, расположенными на Юге России, где высокая инсоляция, низкая влажность и усиление антропогенной нагрузки. Разработка концептуальных подходов к проведению мониторинговых исследований и применению природосберегающих технологий в обеспечении экологического состояния водоемов Волго-Донского судоходного канала (ВДСК) позволила обосновать применение умных технологий и средств. С учетом возрастающей хозяйственной деятельности человека ключевыми требованиями к организации мониторинга становятся мобильность и оперативность, автоматизированная обработка и хранение полученных данных. Управление экосистемой и поддержание её на высокопродуктивном уровне можно достичь за счет установления определенных взаимоотношений между основными гидробионтами, организацию «запуска» самоочищающихся технологий, проведение альголизации с помощью микроводоросли *Chlorella vulgaris*. **Объектом** исследований является состояние водных и биологических ресурсов в Варваровском и Береславском водохранилищах, входящих в состав Волго-Донского судоходного канала им. В. И. Ленина (ВДСК), построенного более 70 лет назад. **Материалы и методы.** Экспедиционные и лабораторные исследования, проводимые на Варваровском и Береславском водохранилищах, включали: определение качества воды на тяжелые металлы, минерализацию, наличие мутности и состояние газового режима. Изучение зоопланктона сводилось к выявлению основных групп живых организмов, доминирующих в течение летнего сезона в водохранилищах, состоянию синезеленых водорослей, создающих «эффект цветения» водоема. Вселение *Chlorella vulgaris* производилось в одной точке. **Результаты и выводы.** В ходе исследования были получены результаты, подтверждающие, что состояние воды в Варваринском и Береславском водохранилищах отвечает экологическим нормам и может использоваться в хозяйственных целях. Разработанное автоматизированное плавсредство, работающее в режиме онлайн, позволит ускорить процесс, проведения биосферного мониторинга и обеспечить оперативность в принятии решений. Проводимая альголизация водоема микроводорослей *Chlorella vulgaris* расширила представления об эффективности и совершенствовании биотехнологии.

Ключевые слова: водохранилища, биосферный мониторинг, анализ качества воды, «эффект цветения» воды, синезеленые водоросли, зоопланктон, *Chlorella vulgaris*.

Цитирование. Тихонова М. К., Медведева Л. Н. Организация биосферного мониторинга на внутренних водоемах Юга России. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 523-534. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-61.

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. Волгоградская область в южной части – территория степей и полупустынь с резко выраженным континентальным климатом, малым количеством осадков (от 250 до 350 мм) и высокой испаряемостью (800-1000 мм). По данным Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области в регионе расположены более 6 тыс. озёр и искусственных водоёмов, общей площадью около 4,2 тыс. км². Водохранилища: Карповское, Варваровское и Береславское, образованные в результате строительства Волго-Донского судоходного канала им. В. И. Ленина (ВДСК), построенного в 1952 году, имеют важное значение для водохозяйственной деятельности человека и требуют постоянного мониторинга за экологическим состоянием (таблица 1) [1, 2].

Таблица 1 – Основные показатели водохранилищ ВДСК (Водное хозяйство)

Table 1 – Main indicators of reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin (Vodnoe khozyaystvo)

Наименование	Площадь водного зеркала при НПУ, км ²	Объем, млн. м ³		Река, образующая водохранилище
		полный	полезный	
Карповское	42,0	155,0	40,0	Карповка
Варваровское	26,7	125,0	26,6	Червленая
Береславское	15,2	52,5	13,4	Червленая

ВДСК это сложный природно-геологический объект с максимальной высотой от уреза р. Волги до 9 шлюза – 88 м, а от зеркала Цимлянского водохранилища до того же шлюза – 44 м. Также в состав Волго-Донского канала входят: Цимлянский гидроузел, 13 шлюзов, 22 судоходных канала, которые наполняются водой из Дона, 3 плотины, 17 дамб, 2 аварийно-ремонтных заграждения, несколько насосных станций (рисунки 1,2) [1, 14].

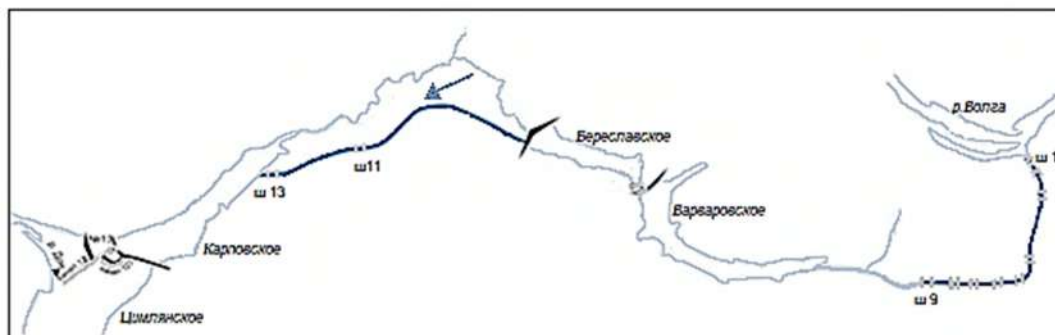


Рисунок 1 – Схема Волго-Донского судоходного канала им. В. И. Ленина, расположенного на территории Волгоградской области

Figure 1 – Scheme of the Volga-Don navigable canal V. I. Lenin, located on the territory of the Volgograd region

При заполнении канала вода сначала поступает в Карповское водохранилище (длина - 15 км, ширина - 3 км, площадь – 27 (42) км²), затем в Варваровское (длина - 18 км, ширина - 6 км, площадь - 27 км²), последним идет Береславское водохранилище (длина - 9 км, ширина - 2,5 км, площадь - 16 км²). Вода из водохранилищ используется для орошения, рыбоводства, хозяйственных и питьевых нужд населения [4]. С учетом возрастающей антропогенной нагрузки увеличивается необходимость наблюдения за процессами, протекающими в водоемах. Экологический подход позволяет оценивать биосферный статус водоема и степень отклонения от некоторого оптимального состояния (например, зарастание берегов растительностью), сделать вывод об интенсивности воз-

действия внешних факторов [3, 8, 11]. Компьютерное моделирование позволяет определить состояние всех биологических групп водоема, выделить доминирующие [5]. Не менее важным остается отслеживание эффекта «цветения водоемов» [10]. При массовом развитии синезелёных водорослей (лат. *Cyanobacteria*) в водоёме наблюдается снижение содержания растворенного кислорода (менее $6,0 \text{ мг/дм}^3$), появляются нейротоксины, которые вызывают гибель рыб и гидробионтов [10]. Актуальность наблюдения за «эффектом цветения» объясняет также факт, что в 2002 году ВОЗ ввела в Международный стандарт по качеству питьевой воды раздел: «Токсичные цианобактерии в воде» [13, 15]. Одним из методов улучшения качества воды в водоёмах является – альголизация, которая обеспечивает восстановление гидробионтов-фильтраторов [15]. В течение многих лет учеными ФГБНУ ВНИИОЗ апробируется метод альголизации – вселение *Chlorella Vulgaris* в водохранилища Волгоградской области, в результате которого наблюдается улучшение качества воды по газовому режиму, содержанию растворенного кислорода, органических веществ, общего эколого-санитарного состояния [10]. Дистанционный мониторинг позволяют не только определить площадь и глубину зарастания водоемов, а также физико-химические свойства воды, а режиме «on-line» исследовать влияние эвтрофного загрязнения на водные экосистемы [5, 12, 13]. Свойства и качество воды зависят от состава и концентрации содержащихся в ней веществ. Теоретические и экспериментальные основы исследования водных экосистем разработаны: Г. Г. Винбергом, С. Н. Скадовской, Е. А. Тимофеевой, В. В. Мелиховым. Учеными под руководством Ю. А. Израэля были разработаны основные представления о мониторинге как о системе непрерывного наблюдения, изменения, оценки состояния окружающей среды, а также обеспечения рационального использования водоемов. Целью исследования является формирование научных подходов к проведению мониторинга и альголизации водоемов.



Рисунок 2 – Основные шлюзы Волго-Донского судоходного канала им. В. И. Ленина: А – 1-й шлюз; В – 10-й шлюз; С – 13-й шлюз; Д – 15-й шлюз

Figure 2 – The main locks of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin: A - 1st lock; B - 10th lock; C - 13th lock; D - 15th lock

Материалы и методы. Научный подход к применению биосферного мониторинга объединяет два направления. Первое, обеспечивает детальные инструментальные измерения показателей водной среды на наземных станциях, постах и в лабораториях. Второе, дистанционное, включает съемки с самолетов, космических летательных аппаратов и проведение спектрофотометрического анализа воды и биоресурсов. Для дистанционного анализа водной среды используются визуальные наблюдения (при длине волны – 0,40-0,64 мкм), фотографирование (0,45-0,92 мкм), инфракрасное (0,72-14,0 мкм) спектрофотометрирование (0,4-0,7 мкм) исследования. Оценка масштабов, уровня и характера «цветения» воды осуществляется визуально по акватории водоема с отбором проб в поверхностных слоях воды, с взвешиванием сестона, проведением анализов в специальных счетных камерах. Объектом исследования стали водные и биологические ресурсы Варваровского и Береславского водохранилищ, расположенных в Волго-Донском междуречье. При исследовании использовались материалы комитета природных ресурсов, лесного хозяйства администрации Волгоградской области, научные публикации, материалы многолетних экспедиций ФГБНУ ВНИИОЗ (Волгоград). На рисунке 3 отмечены места взятия проб воды, биоресурсов, а также проведения альголизации.



Рисунок 3 – Водохранилища, входящие в состав ВДСК с постами мониторинга и вселения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111:

А – Карповское, В – Береславское, С – Варваровское 1,2,3,4,5 – посты сбора материала;
5 – пост вселения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111

Figure 3 – Reservoirs that are part of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin with monitoring points and the introduction of the *Chlorella vulgaris* strain IFR № C-111:

А - Karpovskoe, В - Bereslavskoe, С - Varvarovskoe 1,2,3,4,5 - material collection points;
5 - point of introduction of the strain *Chlorella vulgaris* IFR № C-111

Фото из Интернета, космический снимок водохранилищ ВДСК, 2022 г.

Пробы воды из водохранилищ отбирались с мая по сентябрь, особое внимание было уделено гидробиологическому составу (рисунок 4).



Рисунок 4 – Места сбора биоматериалов, взятие проб воды из водохранилищ, 2022 год:

А – Варваровское, В – Береславское

Figure 4 – Biomaterial collection sites, water sampling from reservoirs, 2022:

А – Varvarovskoe, В – Bereslavskoe

Фото: Тихонова М.К., 2022 г.

Химический состав взятых проб воды определялся по ГОСТам в лаборатории ФГБНУ ВНИИОЗ: натрий-ион (Na) – ГОСТ 28268, 6-78, ион (Ca) и магний-ион (Mg) – ГОСТ 23968, 5-75, калий-ион (K) – ГОСТ 28263. 7/78, сульфат-ион (SO₄) – ГОСТ 4389-72, хлор-ион – ГОСТ 4389-72, щелочность – ГОСТ 23269-78, pH – ГОСТ 26.423-95, ГОСТ 17.1.3.07.82 «Охрана природы» Гидросфера; концентрация загрязняющих веществ – ГОСТ 4152-8, ГОСТ 18293; тяжелые металлы определялись методом гранулированного графика на ААС типа С-1. Показатель величины ионного обмена K определялся по формуле Н. Н. Антипова-Каратаева и Г. А. Кадера (1954г):

$$K = \frac{rCa + rMg}{rNa + 0,238S} \quad (1)$$

где K – коэффициент ионного обмена; rCa , rMg , rNa – эквивалентное содержание химических элементов в воде; S – минерализация воды, г/л.

Натрий-адсорбционное отношение рассчитывалось по формуле:

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}} \quad (2)$$

Приведённый показатель SAR^* рассчитывался по формуле:

$$SAR^* = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}} \times [1 + (8,4 - pH_c)] \quad (3)$$

где pH – расчетная величина, учитывающая состав катионов и ее щелочность.

Качества воды по бактериальным показателям определялось с помощью таблицы (таблица 2).

Таблица 2 – Классы качества воды природных водоемов по бактериальным показателям

Table 2 – Classes of water quality of natural reservoirs according to bacterial indicators

Показатель	Классы качества воды				
	предельно чистая	чистая	удовлетворительно чистая	загрязненная	грязная
Численность бактерий планктона, млн. кл./мл	< 0,3	0,3–1,5	1,6–5,0	5,1–11,0	> 11,0
Численность гетеротрофных бактерий, тыс. кл./мл	< 0,1	0,1–1,0	1,1–5,0	5,1–10,0	> 10,0
Численность бактерий группы кишечной палочки, тыс. кл./мл	< 0,003	0,003–2,0	2,1–10,0	11,0–100,0	> 100,0

Для расчёта параметров вселения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 водоемы применялись программы для ЭВМ «Система искусственного интеллекта для альголизации пресноводных водоемов Юга России штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в расчете на площадь водного зеркала» (правообладатель ФГБНУ ВНИИОЗ № 2021617064 от 06.05.2021); «Моделирование параметров процесса альголизации водоема на основе определения степени адаптации *Chlorella Vulgaris* к воде природных и ис-

кусственных водоемов» (правообладатель ФГБНУ ВНИИОЗ № 2021680606 от 13.12.2021). Для вселения *Chlorella vulgaris*, рассматривался вариант применения автоматического плавсредства (правообладатель ФГБНУ ВНИИОЗ. Патент на полезную модель 209044 U1, 31.01.2022) (рисунок 5).



Рисунок 5 – Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, направленные на использование технологии альголизации и патент на полезную модель плавсредства для вселения *Chlorella vulgaris* водоемы

Figure 5 – Certificates of state registration of a computer program aimed at the use of algolization technology and a patent for a utility model of a watercraft for the introduction of *Chlorella vulgaris* into water bodies

Результаты. Полученные в ходе исследования результаты отражены в таблицах 3, 4, 5.

Таблица 3 – Минерализация поверхностных вод Варваровского и Береславского водохранилищ ВДСК, 2017-2021 гг.

Table 3 – Mineralization of surface waters of the Varvarovsky and Bereslavsky reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin, 2017-2021

Место отбора проб	Дата отбора	pH						Минерализация, г/дм ³					
		2017	2018	2019	2020	2021	ср.	2017	2018	2019	2020	2021	ср.
Береславское водохранилище	май	7,84	7,6	7,9	7,1	7,5	7,59	1,262	1,103	0,810	0,938	0,898	1,002
	июнь	7,50	7,4	7,6	7,3	7,4	7,44	1,194	0,986	0,910	0,877	0,950	0,983
	июль	7,43	7,5	7,6	7,9	7,5	7,59	1,054	0,946	0,848	0,887	0,927	0,932
	август	7,40	7,8	7,3	7,5	8,2	7,64	0,669	0,919	0,723	0,748	0,779	0,768
	сентябрь	7,60	7,3	6,9	7,2	7,4	7,28	0,656	0,817	0,735	0,846	0,700	0,751
Варваровское водохранилище	май	7,56	7,7	8,2	7,1	7,3	7,57	0,934	0,794	0,826	0,879	0,806	0,848
	июнь	7,50	7,4	7,2	7,4	7,6	7,42	1,194	0,829	0,824	0,839	0,906	0,918
	июль	7,48	7,7	7,5	7,8	7,4	7,58	0,922	0,798	0,837	0,908	0,900	0,873
	август	7,50	7,7	8,2	7,8	7,8	7,80	0,743	0,758	0,723	0,838	0,903	0,793
	сентябрь	7,30	7,1	7,9	7,1	7,1	7,30	0,719	0,792	0,772	0,897	0,934	0,823

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в Береславском и Варваровском водохранилищ ВДСК, 2017-2021 гг.

Table 4 – The content of heavy metals in the Beresla and Varvarovsky reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin, 2017-2021

Дата отбора		Место отбора							
		Береславское водохранилище				Варваровское водохранилище			
		Тяжелые металлы, мг/дм ³							
		Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb
май	2017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2018	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000
	2019	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
	2020	0,001	0,001	0,002	0,000	0,002	0,005	0,000	0,000
	2021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
июнь	2017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2018	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000
	2019	0,009	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
	2020	0,008	0,006	0,000	0,000	0,003	0,009	0,002	0,000
	2021	0,002	0,003	0,000	0,000	0,011	0,004	0,000	0,000
июль	2017	0,004	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
	2018	0,005	0,016	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000
	2019	0,008	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2020	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
	2021	0,000	0,007	0,000	0,000	0,004	0,009	0,000	0,000
август	2017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2019	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2020	0,010	0,001	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,002
	2021	0,011	0,011	0,000	0,000	0,022	0,011	0,000	0,000
сентябрь	2017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
	2018	0,004	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000
	2019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	2020	0,002	0,000	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000	0,000
	2021	0,024	0,004	0,000	0,000	0,012	0,001	0,000	0,000

Таблица 5 – Содержание биогенных элементов в поверхностных водах Береславского и Варваровского водохранилищ ВДСК, 2017-2021 гг.

Table 5 – The content of biogenic elements in the surface waters of the Bereslavsky and Varvarovsky reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin, 2017 -2021

Место отбора	Дата отбора	Биогенные элементы, мг/дм ³											
		NO ₃						P ₂ O ₅					
		2017	2018	2019	2020	2021	ср.	2017	2018	2019	2020	2021	ср.
Береславское водохранилище	май	2,92	4,11	4,21	3,76	3,45	3,69	0,24	3,58	2,18	0,64	0,64	1,46
	июнь	3,67	3,28	4,33	3,05	5,09	3,88	0,69	4,20	2,16	1,44	2,04	2,11
	июль	3,94	2,74	2,48	3,94	4,03	3,43	1,08	2,96	1,40	1,36	3,32	2,02
	август	4,34	3,28	2,66	4,03	4,65	3,79	1,04	1,08	2,32	0,68	4,60	1,94
	сентябрь	4,34	3,18	1,50	2,26	2,79	2,81	0,56	0,68	0,40	0,48	1,04	0,63
Варваровское водохранилище	май	2,92	4,34	3,68	4,03	3,14	3,62	0,20	1,44	1,20	0,64	0,48	0,79
	июнь	3,01	4,34	4,22	2,92	5,44	3,99	0,78	1,44	1,28	0,96	1,20	1,13
	июль	3,94	3,01	2,88	4,74	3,94	3,70	0,92	1,88	1,04	0,08	2,08	1,20
	август	3,59	4,25	4,65	4,96	5,08	4,51	1,32	2,76	2,92	1,32	3,12	2,29
	сентябрь	3,45	3,85	2,04	2,74	4,25	3,27	0,56	1,04	0,48	0,60	0,80	0,70

Исследования показали, что превышения ПДК во всех взятых пробах воды не наблюдалось; концентрация нитратного азота колебалась в широких пределах, но не превышала в среднем ПДК; неорганические формы были представлены фосфатами, которыми питается фитопланктон и фитобентос. Среднегодовая минерализация воды в Варваровском и Береславском водохранилищах за период с 2014 по 2022 год повышалась до 0,87 и 0,98 г/дм³ и была выше, чем в р. Дон (0,38 до 0,55 г/дм³). По показателю величины ионного обмена воды Варваровское и Береславское водохранилища ($K > 1$) пригодны для орошения, по показателю натрий-адсорбционного отношения ($SAR < 10$) хорошего качества. Определение тяжелых металлов в поверхностных водах не выявило превышения порога допустимой концентрации ПДК: свинец – высокотоксичный элемент (ПДК – 0,03 мг/дм³), кадмий, относящийся к классу высоко-опасных металлов (ПДК не более 0,01 мг/дм³), медь – умеренно-опасный металл (ПДК – 0,2 мг/дм³), цинк (малоопасный элемент) (ПДК составляет 1,0 мг/дм³). Показатели качества воды Варваровского и Береславского водохранилищ соответствовали требованиям ГОСТ 17.1.2.03-90 по использованию воды для орошения и питьевых целей. В весенний период в составе альгофлоры наблюдалось значительное разнообразие водорослей. Наиболее значимые среди них: синезеленые - *Microcystis aeruginosa* Kutz. Emend. Elenk., *M. pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk., *Oscillatoria amphibia* Ag., *Pseudoanabaena galeata* Bocher; золотистые - *Dinobryon divergens* Imh.; диатомовые - представители рода *Stephanodiscus* (*Stephanodiscus hantzschii* Grun., *S. parvus* Stoermer et Hakansson и *S. hantzschii* f. *tenuis* (Hust.) Hakansson et Stoermer), *Synedra acus* Kutz; криптофитовые - *Chroomonas acuta* Uterm.; зеленые - *Chlorella vulgaris*. Максимальная численность сине-зелёных водорослей была отмечена в Варваровском водохранилище. Мониторинг за качеством воды показал, что кислородный режим в водоёмах остается благоприятным для жизнедеятельности гидробионтов в течение всего вегетационного периода. В апреле содержание растворенного в воде кислорода составляет – 7,22 мг/дм³; летом, в период наибольшего продуцирования его концентрация в различных точках наблюдения находилась в пределах от 6,07 до 7,92 мг/дм³; осенью содержание растворенного в воде кислорода несколько увеличивалось и достигало: 8,45-9,50 мг/дм³. Различия в содержании кислорода на поверхности и у дна составляла не более 1 мг/дм³. Динамику зоопланктона водоемов ВДСК анализировали с июня по август, был отмечен рост летней биомассы зоопланктона и средние значения ($2,1 \pm 0,5$ г/м³) выше в 2,6 раза отмеченных в 1972-2013 гг. ($0,8 \pm 0,1$ г/м³). Количество зоопланктона в водоемах ВДСК существенно выше по сравнению с другими водохранилищами аридной зоны Волгоградской области (таблица 6) [1, 13].

Таблица 6 – Состояние зоопланктона в поверхностных водах Береславского и Варваровского водохранилищ ВДСК, 2021 г.

Table 6 - The state of zooplankton in the surface waters of the Bereslavsky and Varvarovsk reservoirs of the Volga-Don Shipping Canal named after V. I. Lenin, 2021.

Место отбора	Зоопланктон				
	Cladocera	Cyclopoida	Calanoida	Rotifera	Dreissena veliger
	Численность, тыс. экз./м ³				
Береславское	87 ± 45	238 ± 149	<1	69 ± 49	<0,5
Карповское	83 ± 41	221 ± 132	<1	65 ± 47	<0,4
Варваровское	81 ± 40	217 ± 129	<1	61 ± 44	<0,4
	Биомасса, г/м ³				
Береславское	1,16 ± 0,70	1,21 ± 0,69	<0,01	0,07 ± 0,05	<0,01
Карповское	1,11 ± 0,65	1,19 ± 0,63	<0,009	0,05 ± 0,03	<0,009
Варваровское	1,10 ± 0,62	1,16 ± 0,609	<0,007	0,04 ± 0,02	<0,008

Анализ полученных данных указывает на то, что с каждым годом происходит малозаметное, но все-таки необратимые процессы ухудшения экологической обстановки.

Обсуждение. В настоящее время для организации мониторинга используются различные приборы: термооксиметры, pH-метры, метеостанции, датчики уровня воды, надводные и подводные видеокамеры, программы с базами данных [5, 7]. Вместе с тем, применение стационарных постов гидрохимического мониторинга не позволяет охватить все водные объекты, на которых требуется проводить исследования за качеством воды, а расширение сети стационарных постов достаточно затратно. Традиционные методы мониторинга с отбором проб и их анализом в стационарных или полевых лабораториях также не лишены недостатков, так как требует выдвижения к водному объекту квалифицированных сотрудников, использование лодочных средств и значительного количества приборов. При проведении анализов в стационарных лабораториях значительно увеличивается время получения результатов, что может дать неверную оценку экологической ситуации. Развитие умных технологий позволяет передать функции мониторинга роботизированным мобильным комплексам, способным проводить экспресс-анализ параметров воды, оперативно, с привязкой к конкретному водному объекту, передавать информацию на компьютер, сохранять и архивировать данные. Учеными ФГБНУ ВНИИОЗ и Волжского политехнического института (филиал) ВолгГТУ в 2022 году было разработано плавсредство, способное в режиме онлайн передавать данные о состоянии воды и биоресурсов по 16 показателям, в их числе: pH среды, температура, мутность жидкости (мг/л), удельная электропроводимость, минерализация, общее количество растворенных твердых веществ и др. В качестве основы конструкции дистанционно управляемого, автоматизированного плавсредства был выбран катамаран, состоящий из двух гидродинамически обтекаемых корпусов и размещенных на них рубке управления: блок-системы управления плавсредством с интегрированной системой геолокационного позиционирования; механизм поворота и блоком датчиков для мониторинга параметров воды; блок беспроводной передачи информации с датчиков мониторинга параметров воды на удаленное устройство. Питание плавсредства обеспечивается возобновляемыми источниками питания, управление осуществляется с ПДУ или планшета по беспроводным каналам связи. Сигнал с датчиков передается на удаленное устройство, на котором в режиме реального времени можно видеть измеряемые параметры, которые можно архивировать для дальнейшей аналитической обработки (рисунок 6).



Рисунок 6 – Модель дистанционно управляемого, автоматизированного плавсредства, предназначенного для проведения биосферного мониторинга на водоемах

Figure 6 – Model of a remotely controlled, automated watercraft designed for biospheric monitoring in water bodies

Выводы. Важность наблюдения за водными объектами весьма актуально, так как позволяет в режиме реального времени отслеживать происходящие процессы. В Волгоградской области на водных объектах (Береславское и Варваровское водохранилища) показатели качества воды соответствуют критериям ГОСТа 17.1.2.03-90. Разработка новых устройств – автоматизированных плавсредств, позволяет обеспечить мобильность и оперативность получения данных за состоянием качества воды в природных водоемах. Полученная в ходе исследования доказательная база применения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 в оздоровлении водоемов, использовании в качестве живого корма для зоопланктона, расширяет представления о биологических процессах и экологическом состоянии.

Библиографический список

1. Водохранилища, пруды и озёра Волгоградской области / А. С. Овчинников, В. Ф. Лобойко, С. В. Яковлев, А. Ю. Овчарова [и др.]. Волгоград, 2020. 352 с.
2. Гурина И. В, Медведева Л. Н. Показатели оценки водных объектов при формировании экологических экотонів // Инновационные технологии - основа модернизации агропромышленного комплекса, посвященная 85-летию профессора Кривко Н. П. 2022. С. 183-186.
3. Качество поверхностных вод и их влияние на экологическую устойчивость орошаемых агроландшафтов / В. В. Мелихов, К. А. Родин, М. К. Тихонова, Д. А. Болотин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 48-55.
4. Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С., Кудашина А. В. Оценка зарастания водохранилищ Волго-Донского судоходного канала // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. 2019. С. 197-200.
5. Кропотова Н. А. Роботизированная платформа, обеспечивающая мониторинг обстановки на водных объектах // NovaInfo. 2020. № 114. С. 2-4.
6. Лазарева В. И., Сабитова Р. З. Зоопланктон Цимлянского водохранилища и канала Волга-Дон // Зоологический журнал. 2021. Т. 100. № 6. С. 603-617.
7. Милюткин В. А., Бородулин И. В., Агарков Е. А. Биологический мониторинг водных экосистем -водотоков и водоемов по концентрации сине-зеленых водорослей // Проблемы и мониторинг природных экосистем. 2020. С. 103-107.
8. Разработка информационного и аппаратного обеспечения мониторинга процессов цветения водоемов озерного типа / А. В. Иванов, С. М. Гусейнова, И. М. Краев, Д. М. Малышев // Великие реки. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2017. С. 145-146.
9. Трубакова К. Ю. Анализ сезонных изменений гидрохимических показателей Береславского водохранилища в условиях антропогенного загрязнения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 2 (74). С. 52-56.
10. Экологическая оценка современной биотехнологии улучшения качества поливной воды для агроландшафтов Волго-Донского междуречья / В. В. Мелихов, М. В. Фролова, А. А. Зибаров, М. В. Московец // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 94-101.
11. Экологический мониторинг водоемов Урало-Каспийского бассейна / Г. Б. Тулемисова, А. Г. Амангосова, А. Ш. Абдинов, Г. Б. Кабдрахимова [и др.] // Центрально-азиатский журнал исследований водных ресурсов. 2021. № 1. С. 37-49.
12. Medvedeva L. N. Research of natural functional ekotons in providing balanced development of the Tsimlyan reservoir in South Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1069. 2022. 012017.
13. Ostroumov S. A. Water Quality and Conditioning in Natural Ecosystems: Biomachinery Theory of Self-Purification of Water // Russian Journal of General Chemistry. 2017. V. 87 (13). P. 3199-3204.

14. State of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga / A. S. Ovchinnikov, V. F. Loboyko, V. S. Bocharnikov, F. Yu. Ovcharova, S. D. Fomin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 341 (1). 012107.

15. Tracking cyanobacteria blooms: Do different monitoring approaches tell the same story? / I. Bertani, C. E. Steger [et. al.] // Science of The Total Environment. 2017. Vol. 575. P. 294-308.

Информация об авторах:

Тихонова Маргарита Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: margarita.tikhonova.73@mail.ru; ORCID 0000-0001-8451-0443

Медведева Людмила Николаевна, доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: milena.medvedeva2012@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3650-2083

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-62

TO THE JUSTIFICATION OF THE ANGULAR VELOCITY OF THE DRUM OF THE CYLINDRICAL INERTIAL SEPARATOR

V. Y. Churyumov¹, V. A. Eviev¹, B. K. Salaev¹, S. D. Fomin², H. A. Kurkudinova¹

¹Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 05.10.2022

Submitted 11.12.2022

Abstract

Introduction. This article deals with theoretical research on justification of angular velocity of cylindrical inertial separator drum with flexible working body with reverse curvature section. It was established by works of many researchers that it is reasonable to use inertial forces to intensify processes of post-milling treatment of grains, in particular their purification. That is why a great number of researches were dedicated to the work of inertial separators, especially cylindrical ones. **Object.** Separating surface of cylindrical inertial separator. **Materials and methods.** With existing rigid working bodies these forces are also limiting factors, as at the kinematic mode index $K = r\omega^2/g \gg 1$ the particles are pressed down by the inertial forces. Application of various methods of reducing these disadvantages did not give a significant effect. These disadvantages are completely eliminated in flexible inertial separators with reverse curvature sections. For effective operation of a separator, it is necessary to justify its angular velocity. Theoretically determined the critical angular velocity of the drum $\omega_{cr} = 9$ rad/s at which the relative velocity of the particles of the layer is zero, ie the separator stops working. **Results and conclusions.** Results of theoretical researches are confirmed with results of experimental researches of the flexible inertial separator with a section of a reverse curvature carried out by the author earlier. Optimum angular speed of rotation of a separator drum with a section of backward curvature at which effective its work is achieved is $\omega \geq 16.6$ rad/s.

Keywords: inertial separator, separating surface, radius of curvature, angular velocity of the drum, completeness of separation.

Citation. Churyumov V. Yu., Eviev V. A., Salaev B. K., Fomin S. D., Kurkudinova N. A. To substantiate the angular velocity of rotation of a cylindrical inertial separator drum. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 534-543 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-62.

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 submitted final version.

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

УДК 631. 362:631.562

**К ОБОСНОВАНИЮ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ БАРАБАНА
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИНЕРЦИОННОГО СЕПАРАТОРА****В. Ю. Чурюмов¹**, кандидат технических наук, доцент**В. А. Эвиев¹**, доктор технических наук, профессор**Б. К. Салаев¹**, доктор биологических наук, профессор**С. Д. Фомин²**, доктор технических наук, профессор**Н. А. Куркудинова¹**, старший преподаватель¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «КалмГУ им. Б. Б. Городовикова», г. Элиста² ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Актуальность. В статье рассмотрены теоретические исследования по обоснованию угловой скорости вращения барабана цилиндрического инерционного сепаратора с гибким рабочим органом с участком обратной кривизны. Работами многих исследователей установлено, что интенсифицировать процессы послеуборочной обработки зерна, в частности их очистки, целесообразно использовать силы инерций, поэтому работе инерционных сепараторов, в частности цилиндрических, посвящено большое количество исследований. **Объект.** Разделяющая поверхность цилиндрического инерционного сепаратора. **Материалы и методы.** В существующих жестких рабочих органах эти силы являются также и ограничивающими факторами, так как при показателе кинематического режима $K = g\omega^2 >> 1$ частицы смеси прижимаются к внутренней поверхности цилиндра, происходит забивание отверстий решет. Применение различных методов уменьшения этих недостатков не дало существенного эффекта. Эти недостатки полностью устраняются в гибких инерционных сепараторах с участками обратной кривизны. Для эффективной работы сепаратора, необходимо обосновать его угловую скорость. Теоретически определена критическая угловая скорость барабана $\omega_{кр} = 9$ рад/с, при которой относительная скорость частиц слоя равна нулю, т.е. прекращается работа сепаратора. **Результаты и выводы.** Результаты теоретических исследований подтверждены с результатами ранее проведенных автором экспериментальных исследований гибкого инерционного сепаратора с участком обратной кривизны. Оптимальная угловая скорость вращения барабана сепаратора с участком обратной кривизны, при которой достигается эффективная его работа, составляет $\omega \geq 16.6$ рад/с.

Ключевые слова: инерционные сепараторы, сепарирующие рабочие органы, конструкции сепараторов, барабаны сепараторов.

Цитирование. Чурюмов В. Ю., Эвиев В. А., Салаев Б. К., Фомин С. Д., Куркудинова Н. А. К обоснованию угловой скорости вращения барабана цилиндрического инерционного сепаратора. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 534-543. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-62.

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. В настоящее время остро стоит вопрос повышения производительности сепарирующих рабочих органов, как зерноуборочных комбайнов, так и машин для послеуборочной обработки зерна. Работами многих исследователей установлено, что интенсифицировать эти процессы целесообразно использованием сил инерций, поэтому работе инерционных сепараторов, в частности цилиндрических, посвящено большое количество исследований (В. П. Горячкин, М. Н. Летошнев, П. М. Василенко, С. М. Григорьев, Л. И. Ерошенко, М. В. Киреев и др.). По этой проблематике накоплен большой теоретический и экспериментальный материал. В существующих жестких рабочих

органах эти силы являются также и ограничивающими факторами, так как при показателе кинематического режима $K = r\omega^2/g \gg 1$ частицы смеси прижимаются к внутренней поверхности цилиндра, происходит забивание отверстий решет. Применение различных методов уменьшения этих недостатков не дало существенного эффекта [6].

Объекты и методы. Устранить указанные недостатки целесообразно за счет изменения геометрии разделяющей поверхности: так перемена направления действия сил инерций достигается изменением знака радиуса кривизны на определенной дуге. Это предполагает использование не всюду выпуклых поверхностей 1, имеющих участок обратной кривизны (УОК) 3 - один или несколько (рис. 1) (А.с. 447131(СССР). Решето/Всесоюзный с-х институт заочного образования/ М.В. Кузьмин— Заявл. 20.11.72, №18176003/28-13; Оpubл. в Б.И.,1974, №30). При вращении поверхности все ее точки должны проходить через этот участок, что может быть выполнено, если разделяющая поверхность будет гибкой в радиальном направлении. При недостаточной жесткости по длине ее необходимо вложить в жесткий цилиндр 4 с отверстиями или набранный из колец и т.п., к которому ее нужно прижать, например, роликами 5. Тогда поверхность будет содержать участок 1 постоянного радиуса, участок 2 и переходные – между ними. Рама, крепление валика 3, привод и другие элементы конструкции на рисунке 1 не показаны, чтобы не затемнять структурной схемы сепаратора. При работе гибкая поверхность вращается вместе с жестким цилиндром 4. Движение компонентов смеси указано стрелками: M – загрузка смеси, M_n , M_c – выделение проходовой и сходовой фракций, M_{in} – инерционное выделение.

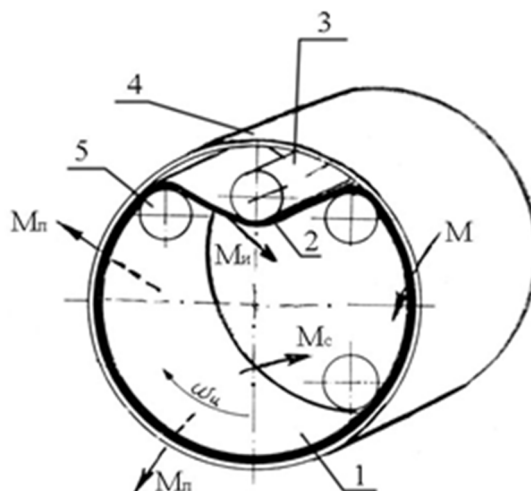


Рисунок 1 – Гибкая цилиндрическая разделяющая поверхность с участком обратной кривизны: 1 – поверхность с постоянным радиусом, 2 – участок обратной кривизны, 3 – нажимной валик, 4 – жесткий цилиндр, 5 – поддерживающий ролик.

Figure 1 – Flexible cylindrical separating surface with a section of reverse curvature: 1 - surface with constant radius, 2 - section of reverse curvature, 3 - pressure roller, 4 - rigid cylinder, 5 - supporting roller.

Теоретическая часть. Основным рабочим органом цилиндрического инерционного сепаратора является его разделяющая поверхность, которая может быть выполнена в виде перфорированного цилиндра с отверстиями, ячеистого цилиндра с ячейками круглой или эллипсоидной форм и в виде мембран при разделении жидкостей. На перфорированных и ячеистых разделяющих поверхностях разделяют сыпучие материалы главным образом по его размерам: длине, ширине, толщине.

Эффективность работы таких сепараторов будет зависеть в первую очередь от пропускной способности разделяющей поверхности.

Важным условием прохождения частиц сыпучего материала через отверстия разделяющей поверхности является наличие относительного движения частиц разделяемого материала по поверхности, которое напрямую зависит от угловой скорости барабана. Поэтому появляется необходимость в рассмотрении процесса движения частиц по внутренней разделяющей поверхности цилиндрического сепаратора и определить значения критических скоростей, при которых нарушается прохождение частиц через отверстия.

Пусть в точке А, на вращающуюся шероховатую поверхность, под углом α_0 к вертикальной оси барабана, с начальной скоростью $\bar{V}_0$ подается исходный материал. Вращающейся поверхностью сепаратора он увлекается в кольцевое движение.

Считая движение частиц слоя сложным, и, принимая вращение барабана за переносное движение с постоянной угловой скоростью ω , а движение материала по поверхности относительным со скоростью $\bar{V}_r$ [1], найдем граничные условия угловой скорости вращения барабана ω , при которой относительная скорость $\bar{V}_r$ частиц слоя будет равна нулю, т.е. условия при которых прекращается процесс сепарации.

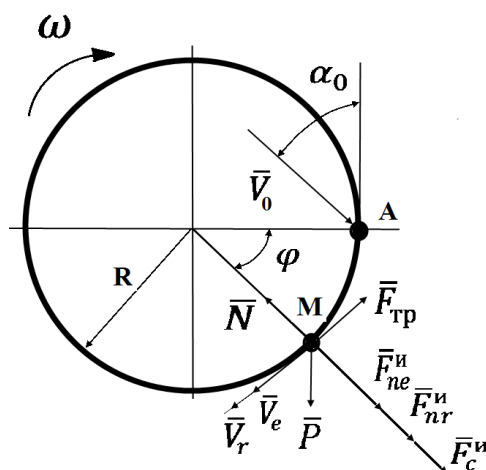


Рисунок 2 – Схема действующих сил

Figure 2 – Scheme of acting forces

В момент времени, определяемый угловой координатой φ , на частицу действуют следующие силы:

$\bar{P} = m\bar{g}$ – сила тяжести частицы;

$\bar{F}_{ne}^i$ – сила инерции от нормального переносного ускорения частицы;

$\bar{F}_{nr}^i$ – сила инерции от нормального относительного ускорения частицы;

$\bar{F}_c^i$ – сила инерции от кориолисова ускорения частицы;

$\bar{N}$ – сила нормального давления, действующая на частицу от поверхности;

$\bar{F}_{тр}$ – сила трения,

Уравнение относительного движения частицы примет вид:

$$m\bar{a} = m(\bar{a}_r^t + \bar{a}_r^n) = \sum \bar{F}_k + \bar{F}_e^i + \bar{F}_c^i = \bar{P} + \bar{N} + \bar{F}_e^i + \bar{F}_c^i \quad (1)$$

где $\bar{a}_r^t$ и $\bar{a}_r^n$ – касательное и нормальное относительное ускорение частицы.

Проектируя (1) на нормаль и касательную получим:

$$ma_r^n = P \sin \varphi + F_{ne}^n + F_c^n - N \quad (2)$$

$$ma_r^t = P \cos \varphi - F_{тр}, \quad (3)$$

где $F_{тр}$, сила трения, равная $F_{тр} = Nf$, (f - коэффициент трения скольжения).

Сила нормального давления N из уравнения (2) равна

$$N = P \sin \varphi + F_{ne}^n + F_c^n - ma_r^n. \quad (4)$$

С учетом того, что вектор (рис. 2) $\vec{F}_{nr}^n = -m\vec{a}_r^n$, есть сила инерции от нормального относительного ускорения, модуль которой равен $F_{nr}^n = m \frac{v_r^2}{R}$, а величины $P = mg$, $F_{ne}^n = m\omega^2 R$ и $F_c^n = 2mV_r\omega$, равенство (4), примет вид

$$N = m(g \sin \varphi + \omega^2 R + 2V_r\omega + \frac{v_r^2}{R}). \quad (5)$$

С учетом (5) сила трения будет равна

$$F_{тр} = mf(g \sin \varphi + \omega^2 R + 2V_r\omega + \frac{v_r^2}{R}) \quad (6)$$

Уравнение (3) представим в дифференциальной форме

$$\frac{dv_r}{dt} = g \cos \varphi - f(g \sin \varphi + \omega^2 R + 2V_r\omega + \frac{v_r^2}{R}) \quad (7)$$

Решение уравнения (7) можно свести к решению табличного интеграла типа $\int \frac{dv}{A+Bv+Cv^2} = \int dt$, где $A = [g \cos \varphi - fg \sin \varphi + f\omega^2 R]$, $B = 2f\omega V_r$, $C = f/R$,

в результате чего можно найти относительную скорость частицы. Однако, в уравнении (7) угловая координата φ является тоже переменной величиной зависящей от времени $\varphi = \omega t$, что затрудняет решение этого уравнения.

Практический результат уравнения (7), может быть получен, рассмотрев относительный покой точки, т.е., когда прекращается процесс сепарации.

Рассмотрим случай, при котором относительная скорость частицы материала, движущейся по внутренней поверхности цилиндра, будет равна нулю, т.е. частица по отношению к подвижным осям (поверхности) находится в покое.

Уравнение относительного покоя частицы получим из равенства (3), приравняв его к нулю.

$P \cos \varphi - F_{тр} = 0$, тогда $P \cos \varphi = F_{тр}$, или

$$g \cos \varphi = f(g \sin \varphi + \omega^2 R + 2V_r\omega + \frac{v_r^2}{R}). \quad (8)$$

С учетом того, что относительная скорость $V_r = 0$ уравнение (8) примет вид

$$g \cos \varphi = f(g \sin \varphi + \omega^2 R), \quad (9)$$

или

$$\omega^2 R f = g (\cos \varphi - f \sin \varphi). \quad (10)$$

Равенство (10), является условием, при котором наступает относительный покой частицы.

Из равенства (10) видно, что некоторые конструктивные параметры сепаратора: как радиус окружности цилиндра- R и коэффициент трения скольжения – f материала по поверхности цилиндра, являются постоянными и в процессе движения не меняются.

Переменными параметрами сепаратора, от которых зависит относительный покой, следует считать угловую скорость вращения барабана ω и угловую координату φ .

Тогда, критическая угловая скорость вращения барабана, при которой наступит относительный покой, равна

$$\omega = \omega_{кр} = \sqrt{\frac{g(\cos \varphi - f \sin \varphi)}{R \cdot f}} \quad (11)$$

По уравнению (11), при заданных параметрах сепаратора R и f , для каждой интересующейся конструктивной характеристики сепаратора можно построить графики угловой скорости ω в зависимости от угловой координаты φ .

Из этих графиков можно определить скорость вращения барабана, при которой не будет относительного покоя.

Например, для сепаратора с радиусом окружности цилиндра $R=0,3$ м, и среднем значении коэффициента трения материала по поверхности $f=0,3$, по уравнению (11), с использованием программы “Microsoft Excel 2010” построен график критической угловой скорости $\omega_{кр}$ в зависимости от угловой координаты φ (рисунок 3).

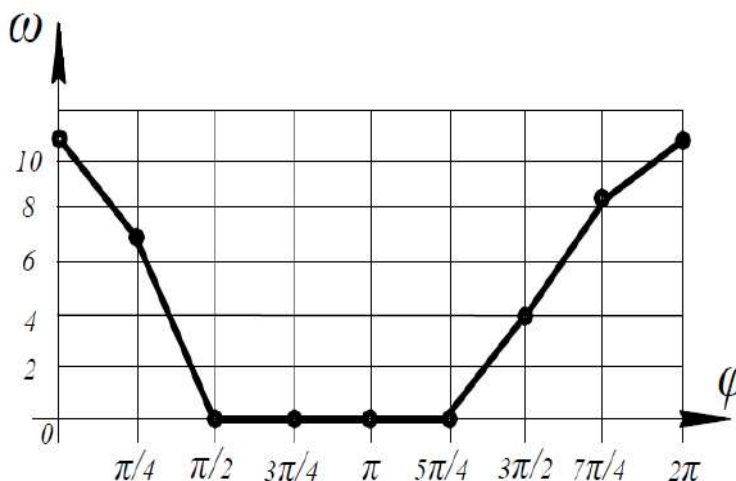


Рисунок 3 – График критической угловой скорости в зависимости от угловой координаты

Figure 3 – Graph of the critical angular velocity depending on the angular coordinate

Из графика (рисунок 3) видно, что при заданных параметрах сепаратора угловая скорость барабана должна быть, $\omega_b > 9$ рад/с или при $R=0.3$ м, частота вращения барабана должна быть $n_b > 86$ мин⁻¹.

Экспериментальная часть. Исследования рабочего процесса гибкого цилиндрического сепаратора проводились во ВСХИЗО (ныне РГАЗУ) по договору о научно-техническом содружестве с ГСКБ П.О. «Воронежзерномаш» [4].

Целью исследований являлось: установить основные параметры разделяющей поверхности гибкого цилиндрического сепаратора: длину отверстия $-l$, коэффициент трения $-f$, а также режимы работы: окружную скорость цилиндра $-v$, удельную нагрузку $-q$, при которых обеспечивалась необходимая чистота зерна β , полнота выделения частиц способных пройти через отверстия $-\epsilon$. Исходным материалом служила озимая пшеница «Северодонская-4» влажностью 15-16% с содержанием частиц способных пройти через прямоугольные отверстия шириной 2,0 мм, от 2,0 до 10 %.

Результаты и обсуждение. Зависимости $\beta=F(q,v)$, $\epsilon=F(q,v)$, представлены на рисунке 4.

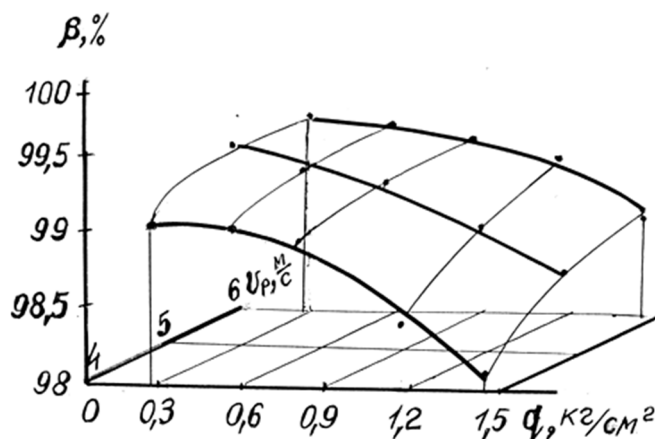


Рисунок 4 – Поверхность отклика функции $\beta=f(q,v)$, где β – чистота, q – удельная подача зерна, v – окружная скорость решета

Figure 4 – Response surface of the function $\beta=f(q,v)$, where β – cleanliness, q – specific grain feed, v – circular speed of the sieve

Как видно из рисунка 4 качество очистки, определяемое чистотой зерна $\beta = 98 \dots 99,9 \%$, существенно зависит от окружной скорости барабана v и удельной подачи исходного материала q : с увеличением q она уменьшается, с увеличением v – повышается. Причём, с увеличением удельной нагрузки q чистота зерна повышается более интенсивно, но не достигает значения таковой при более малой удельной нагрузке.

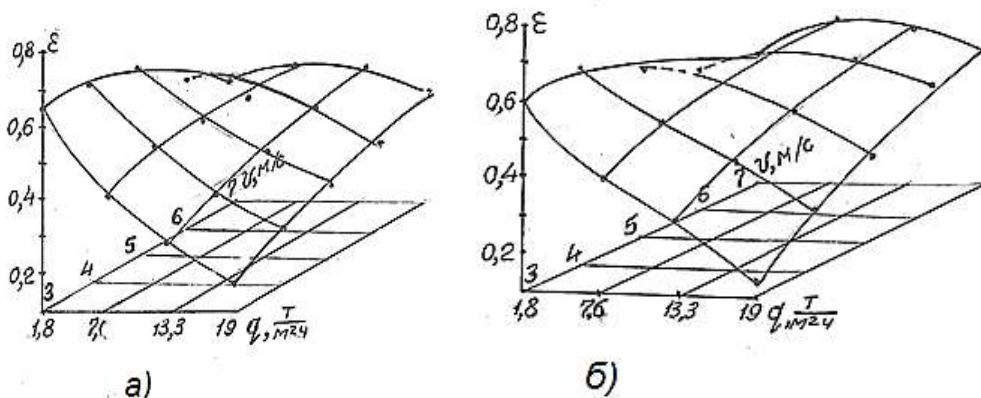


Рисунок 5 – Зависимости полноты выделения ϵ от удельной подачи q и окружной скорости барабана v для отверстий 2,0x16 мм (а) и 2,0x96 мм (б).

Figure 5 – The dependences of the separation efficiency ϵ on the specific feed q and cylinder's circumferential speed v for the 2,0 x 16 mm holes (a) and 2,0 x 96 mm holes (b).

Исследование зависимости полноты выделения зерна показало, что, как видно из рисунка 5, при окружных скоростях цилиндра v до 4 м/с длина отверстия мало влияет на полноту выделения. При $v \geq 5$ м/с ($\omega \geq 16,6$ рад/с) увеличение длины отверстия с 16 до 96 мм, приводит к увеличению полноты выделения ϵ . Это свидетельствует о том, что для определенной длины отверстия существует предельная окружная скорость v [9]. При удельной нагрузке $q = 0,5$ т/м²·ч увеличение скорости v от 3 до 7,6 м/с приводит к уменьшению полноты выделения. Увеличение удельной нагрузки q от 7,6 до 19 т/м²·ч и скорости v приводит к увеличению полноты выделения ϵ .

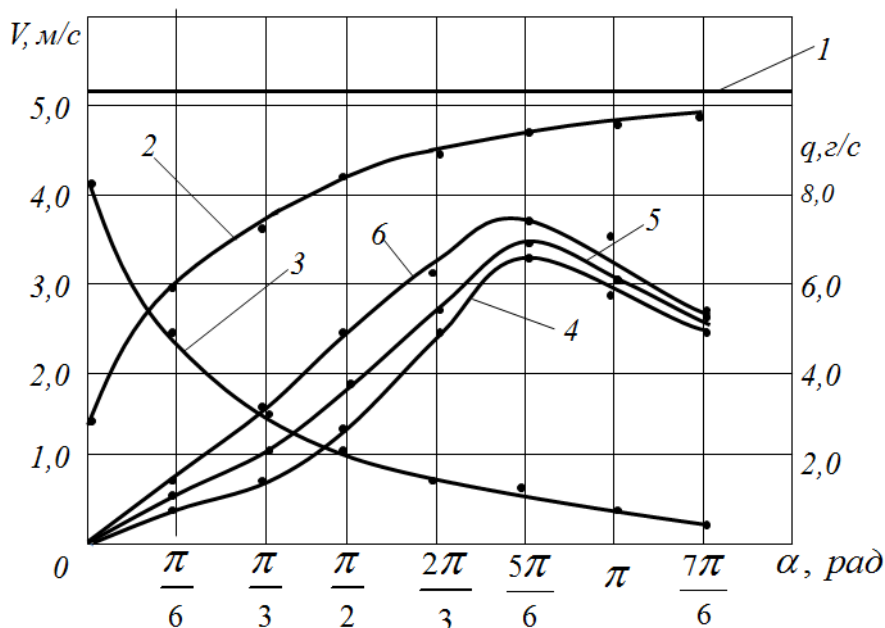


Рисунок 6 – Зависимости интенсивности прохождения частиц мелкой фракции q (г/с) через отверстия разделяющей поверхности по окружности цилиндра при окружной скорости 5,17 м/с от угловой координаты α (рад)

Figure 6 – Intensity of fine particles passage q (g/s) through the holes of separating surface on the cylinder circumference at circular speed of 5,17 m/s versus angular coordinate α (rad)

На рисунке 6 представлены: графики зависимостей скорости $v=f(\alpha)$, и пропускной способности $q=f(\alpha)$ от угловой координаты α : 1- окружной скорости цилиндра $V_u = f(\alpha)$, 2- скорости слоя $V_c = f(\alpha)$, 3- относительная скорость слоя $V_o = f(\alpha)$, 4 - отверстиями 2x16; 5 -отверстиями 2x56; 6 – отверстиями 2x96 (мм). Подача исходного материала на поверхность сепаратора составляла $q_F=2.1 \text{ кг/ (с}\cdot\text{м}^2)$ [3, 10, 11].

Вычисления, выполненные по уравнению (11), подтверждаются результатами ранее проведенных экспериментальных исследований движения слоя по внутренней поверхности цилиндрического сепаратора [3, 6, 10, 11, 12] и не противоречат исследованиям [2, 5, 7, 8, 13].

Установлено, что скорость движения слоя на внутренней поверхности гибкого сепаратора всегда меньше его окружной скорости [5,7,8]. В зоне подачи материала на поверхность сепаратора наблюдаются высокие значения относительной скорости движения частиц по поверхности ($v_c \approx 4 \text{ м/с}$), поэтому прохождение частиц через отверстия в этой зоне невозможно (рисунок 3) и оно равно нулю. Интенсивное выделение частиц через отверстия различной длины (рисунок 3) наблюдаются в зоне, когда угловая координата $\alpha= 2/3\pi \dots 5/6\pi$, относительные скорости в этой зоне составляют 0,63...0,25 м/с, соответственно [9]. В зоне $\alpha= 5/6\pi \dots 4/3\pi$, интенсивность прохождения частиц снижается, при этом и снижается относительная скорость движения частиц слоя по поверхности с 0.25...0,22 м/с и уменьшается содержание частиц зерновой смеси способных пройти через размеры отверстий. Этим можно объяснить снижение прохождения частиц через отверстия разделяющей поверхности в зоне $\alpha= 5/6\pi \dots 4/3\pi$.

Выводы:

1. Основным условием работы инерционного сепаратора является наличие относительного движения частиц по разделяющей поверхности и зависит главным образом от угловой скорости барабана.

2. Теоретически определена критическая угловая скорость барабана сепаратора, при которой наступает относительный покой частиц в зависимости от угловой координаты φ , коэффициента трения f , и радиуса барабана R , что важно для конструкторов.

3. График (рис.3) показывает, что при заданных параметрах сепаратора: $R = 0.3$ м; $f = 0.3$, критическая угловая скорость барабана должна быть не менее 9 рад/с или частота вращения барабана должна быть не менее 86 мин⁻¹.

4. Экспериментально установлены оптимальные значения относительной скорости движения частиц слоя по разделяющей поверхности, которые находятся в пределах 0,63...0,25 м/с, при угловой скорости барабана $\omega \geq 16,6$ рад/с.

5. Полнота выделения частиц зерновой смеси (ϵ) и чистота очистки зерновой смеси (β) достигается при $v \geq 5$ м/с ($\omega \geq 16,6$ рад/с), увеличение длины отверстий с 16 до 96 мм приводят к увеличению полноты выделения ϵ . Это свидетельствует о том, что для определенной длины отверстия существует предельная угловая скорость ω , что подтверждает теоретическое исследование.

Библиографический список

1. Емельянова О. В., Яцун С. Ф., Локтионова О. Г. Сложное движение точки. Курск, 2013.
2. Ермольев Ю. И., Бутовченко А. В. Фракционные технологии семенной очистки зерна // Сборник научных докладов ВИМ. 2011. Т. 1. С. 367-372.
3. Кузьмин М. В., Чурюмов В. Ю. Определение режимов работы гибкого цилиндрического решета с участком обратной кривизны // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2007. № 3. С. 27-31.
4. Обоснование основных параметров гибких решёт (с участком обратной кривизны): отчёт о НИР.
5. Разработать метод и средства эффективного использования инновационных зерноочистительных технологий: отчет о НИР № 007-03-232 от 25.01.2019 (Федеральное агентство научных организаций) / Н. П. Тишанинов, А. В. Анашкин, К. Н. Тишанинов, Г. И. Мамонтова, М. И. Терляхин, А. В. Шиндяпин. 2019.
6. Теория и расчет технологических параметров сельскохозяйственных машин / В. Е. Бердышев, А. Н. Цепляев, М. Н. Шапров, А. В. Харлашин, А. В. Седов, В. А. Цепляев, И. Б. Борисенко. Волгоград, 2018.
7. Тишанинов Н. П., Анашкин А. В. Обоснование длины ячеистой поверхности для выделения легких примесей из зерносмесей // Наука в центральной России. 2017. № 4 (28). С. 104-110.
8. Тишанинов Н. П., Анашкин А. В., Растюшевский К. А. Обоснование параметров стенда для исследования ячеистых поверхностей // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 2. С. 18-21.
9. Чурюмов В. Ю. Определение относительной скорости движения слоя сыпучего материала внутри цилиндра в эластичном сепараторе // Инженерный вестник Дона. 2015. № 1. ivdon.ru/tu/magazine/archive/n1y2015/2856.
10. Чурюмов В. Ю., Савич В. Л. Регенерация фильтрующей поверхности в инерционном сепараторе // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2-1 (35). С. 38.
11. Чурюмов В. Ю. Особенность работы сепаратора с гибким цилиндром для разделения зерновой смеси // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 1. С. 42-46.
12. Scherer R. Mechanische Eigenschaften von Körnerfrüchten // Grundland Landtechnik. 1978. Bd. 28. № 1. P. 6-12.
13. Schulze D. Vergleich des Fließverhaltens leicht fließender Schüttgüter // Schüttgut. 1996. № 3. P. 347-356.

Информация об авторах

Чурюмов Вячеслав Юзикович, доцент кафедры агроинженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калм ГУ» им. Б.Б. Городовикова (358000, РФ, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11), кандидат технических наук, телефон +79613993247, e-mail: chur50@mail.ru

Эвиев Валерий Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры агроинженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калм ГУ» им. Б.Б. Городовикова (358000, РФ, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11), телефон +79061768774, e-mail: aviev@yandex.ru

Салаев Бадма Катинович, профессор кафедры биотехнологии и животноводства ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» (358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11), доктор биологических наук, e-mail: bk.salaev@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Куркудинова Наталия Александровна, старший преподаватель кафедры природообустройства федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калм ГУ» им. Б.Б. Городовикова (358000, РФ, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11), телефон +79093987960, e-mail: kurkudinovana@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-63

AGRICULTURAL FOREST MAPPING OF LANDSCAPE SUFFERED TO EROSION DEVELOPMENT

A. A. Tubalov

Federal state budget scientific institution

*«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd, Russia*

Received 08.08.2022

Submitted 02.12.2022

The research was carried out within the framework of the state task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences № 122020100312-0 "Theory and principles of the formation of adaptive agroforest reclamation complexes in the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of climate change"

Summary

The article presents the results of remote and ground-based studies of the region on the right bank of the Khoper River. The issues of assessing the development of modern erosion processes, the structure of agricultural use, and the steepness of slopes are studied in detail. The data obtained later became the basis for the agroforestry grouping of the watersheds of the study region.

Abstract

Introduction. The article is devoted to the problem of researching agroforest landscapes in which erosion processes play a significant role. It deals with issues related to the allocation of the catchment structure, the identification of parameters characterizing the current development of erosion processes, mapping and assessing the structure of agricultural land use and the steepness of the relief. The significance of the studies carried out is due to their focus not only on identifying the actual state of erosion processes, but also on the search for parameters indirectly indicating a greater development of erosion processes in some areas compared to others. **Object.** The studies were carried out on the territory of the right bank of the Khoper River within the Volgograd region. Research of this territory for reclamation purposes is in demand. This region, along with the fact that it is characterized by the distribution of the most agriculturally valuable types of soils (Chernozems, CH), is distinguished by developed processes of water degradation of soils. **Materials and methods.** The conducted studies are based on remote and field methods of territory mapping. The main materials used in the course of research are topographic maps M 1:100000, as well as mosaics of satellite images with high resolution. The key software packages used during the research were "Photoshop" and "MapInfo". The research methodology is based on methodological techniques developed and tested by the Laboratory of Geoinfor-

mation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences. **Results and conclusion.** When As a result of the research, the main indicators characterizing the modern erosional division of the territory, as well as the characteristics of the leading factors causing the development of erosion processes, were established - the characteristic of the structure of agricultural land use and the characteristic of slope steepness. The arithmetic mean values of ravine erosion dissection for the study region are 0.4 km/km², with the arithmetic mean density of gully peaks being 0.8 pieces/km². Correlation studies of the relationship between parameters made it possible to identify parameters indirectly indicating the development of ravine erosion. These are such parameters as the areas of arable land in the catchment located on slopes with a steepness of more than 3° and the areas of slopes with a steepness of more than 8° that are not covered with forest. The assessment of the development of degradation processes became the basis for the agroforestry grouping of the study area. A significant result of the ongoing research is the data confirming the differences in the genesis and the associated characteristics of the territories of gully catchment areas and inter-gully sections of slopes.

Key words: *girder catchment area, inter-gully sections of slopes, ravine subdivision, structure of agricultural land use, steepness of relief, agroforestry.*

Citation. Tubalov A. A. Application of the landscape approach to the assessment of the protective forest cover of territories. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 543-553 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-63.

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 631.412

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ РАЗВИТИЮ ЭРОЗИИ

А. А. Тубалов, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 08.08.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской академии наук № 122020100312-0 «Теория и принципы формирования адаптивных агролесомелиоративных комплексов сухостепной зоны юга РФ в контексте климатических изменений»

Актуальность. Статья посвящена проблеме исследований агролесоландшафтов, в которых значимую роль играют процессы эрозии. В ней рассмотрены вопросы, касающиеся выделения водосборной структуры, выявления параметров, характеризующих современное развитие эрозионных процессов, картографирования и оценки структуры сельскохозяйственного использования земель и крутизны рельефа. Значимость проведенных исследований обусловлена направленностью их не только на выявление фактического состояния эрозионных процессов, но и на поиск параметров, опосредованно указывающих на большее развитие эрозионных процессов на одних территориях в сравнении с другими. **Объект.** Исследования проведены на территории правобережья р. Хопер в пределах Волгоградской области. Исследования данной территории в мелиоративных целях востребованы. Данный регион наряду с тем, что он характеризуется распространением одних из самых плодородных типов почв (чернозема обыкновенного и чернозема южного) отличается развитыми процессами водной деградации почв. **Материалы и методы.** Проведенные исследования основаны

на дистанционных и полевых методах картографирования территории. Основными материалами, примененными в ходе исследований, являются топографические карты М 1 : 100000, а также мозаики космических снимков с высоким разрешением. Ключевыми пакетами программ, примененными в ходе исследований, являлись «Photoshop» и «MapInfo». Методика проводимых исследований основана на методических приемах, разработанных и апробированных лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований установлены основные показатели, характеризующие современное эрозионное расчленение территории, а также характеристики ведущих факторов обуславливающих развитие эрозионных процессов – характеристика структуры сельскохозяйственного использования земель и характеристика крутизны склонов. Среднеарифметические значения овражного эрозионного расчленения для исследуемого региона равны 0,4 км/км², при среднеарифметической плотности вершин оврагов – 0,8 шт./ км². Корреляционные исследования взаимосвязи между параметрами позволили выделить показатели, опосредовано указывающие на развитие овражной эрозии. Это такие величины, как площади пашни в водосборе, расположенных на склонах крутизной более 3° и площади склонов крутизной более 8° непокрытых лесом. Оценка развития деградационных процессов стала основой для агролесомелиоративной группировки исследуемой территории. Значимым результатом проводимых исследований являются данные, подтверждающие отличия генезиса и связанных с ним характеристик территорий балочных водосборов и межбалочных участков склонов.

Ключевые слова: балочные водосборы, межбалочные участки склонов, овражное расчленение, структура сельскохозяйственного использования земель, крутизна рельефа, агролесомелиорация.

Цитирование. Тубалов А. А. Агролесомелиоративное картографирование ландшафтов, подверженных развитию эрозии. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 543-553. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-63.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Агролесомелиоративное картографирование, или картографирование территории в целях проведения агролесомелиоративных мероприятий, представляет собой источник получения данных о факторах, на основании которых обосновываются, планируются агролесомелиоративные мероприятия. Современное картографирование, базируется на использовании новейших технических средств, представляет собой один из наиболее распространенных методов изучения природы. Геоинформационное картографирование позволяет быстро получать точные данные о таких важных характеристиках агроландшафта, как развитие деградационных процессов, характеристике антропогенной нагрузки, а также анализировать состояние основных природных факторов (рельефа, растительного покрова, почв, водоемов и т.д.). Картографирование территории является фундаментом для проведения классификации земель в зависимости от предопределяющих потенциальное развитие эрозионных процессов факторов. Картографическая модель также является формой, в которой предоставляются обобщенные данные о специфике, очередности и объемах требуемых агролесомелиоративных работ.

Системы защитных лесных насаждений (ЗЛН) представляют собой объекты, которые оказывают комплекс воздействий на компоненты агролесоландшафта. ЗЛН оптимизируют процессы почвообразования, улучшают микроклимат, уменьшают поверхностный сток, минимизируют вероятность возникновения и развития эрозии и дефляции почв, ослабляют вредоносность засух и суховеев, создают предпосылки для увеличения фито-, зооразнообразия и биопродуктивности агроландшафтов [6, 9, 11, 12, 13].

Представляясь одним из ведущих видов мелиораций при осуществлении адаптивно-ландшафтного комплекса мероприятий, агролесомелиорация ставит перед картографированием задачу фундаментального и подробного исследования территорий. Только на основании полных данных, возможно, обеспечить создание эффективных систем лесных полос – обосновать их размещение, определить их породный состав, конструкцию, рядность, назначить мероприятия по уходу [1, 2, 3].

Цель исследования состояла в картографировании и выявлении значений параметров, характеризующих современное эрозионное развитие территории, а также поиске показателей, взаимосвязанных с развитием эрозии и указывающих на ее развитие косвенно. Для достижения поставленной цели были решены задачи по созданию картографических моделей исследуемой территории, созданию параметрической базы данных, ее анализу и обобщению.

Материалы и методы. Объектом исследований являются агролесоландшафты правобережья р. Хопер в пределах Волгоградской области (рисунок 1).

Климат соответствует континентальной Восточно-Европейской климатической провинции. Обеспеченность ресурсами тепла и влаги допускают экономически рентабельное возделывание в исследуемом регионе разнообразных культур: пшеница, подсолнечник, рожь, нут и многие др.

Почвенный покров представлен одними из плодородных видов почв – черноземом южным и черноземом обыкновенным.

Естественная растительность представлена разнотравно-злаковыми, злаковыми ассоциациями, а также байрачными и нагорными лесами.

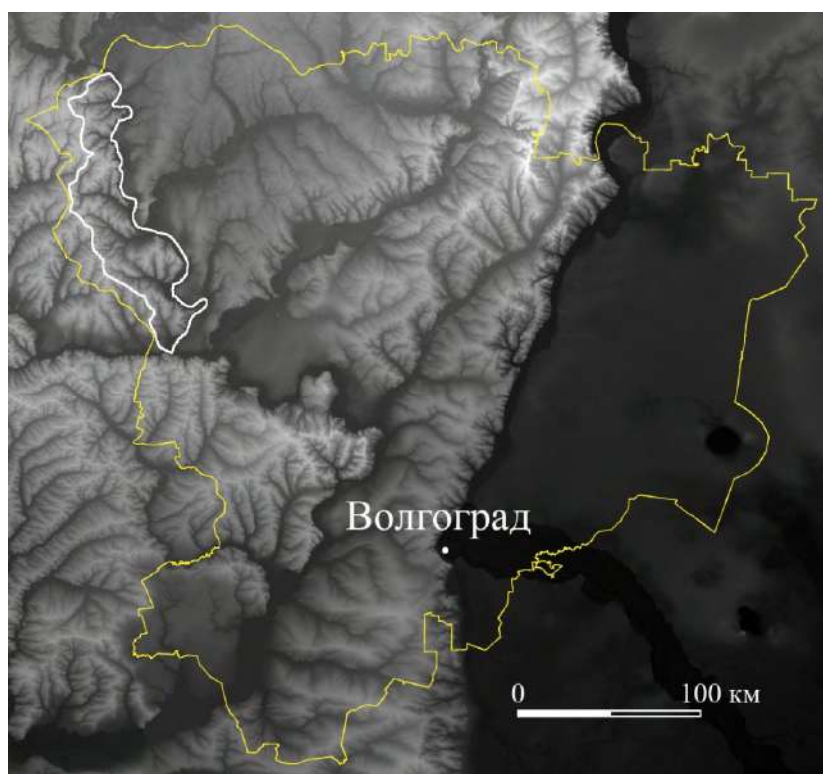


Рисунок 1 – Расположение региона проводимых исследований на цифровой модели местности Волгоградской области

Figure 1 – Location of the region of ongoing research on the digital terrain model of the Volgograd region

Основой гидрографической сети объекта исследований является р. Хопер. Протяженность его по исследуемой территории составляет 825 км. С правобережья на территории Волгоградской области в Хопер впадают малые реки: Растеряева, Евдовля, Акишевка, Тишанка, Добринка, Топкая.

В геоморфологическом плане территория относится к району Калачской пластовой возвышенности. Склоны водораздельных пространств сильно изрезаны многочисленными современными эрозионными формами – оврагами и промоинами, и древними – балками, лощинами, ложбинами. Густота современного эрозионного расчленения по отдельным территориям превышает значения 1 км/км^2 [8]. Сильно развит плоскостной смыв.

Общая площадь региона исследований составляет 3800 км^2 .

Методика картографирования базируется на методических приемах, созданных и проработанных в лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН [7, 10]. Она основана на применении дистанционных, картографических данных, а также геоинформационных программ.

Важными методическими моментами проводимых исследований являются аспект применение водосборного подхода к выделению балочных и межбалочных водосборов [4] – территориальных единиц, в рамках которых происходит расчет удельных показателей, и вопрос применения градаций склонов по крутизне при выделении земельных фондов [5].

Результаты и обсуждение. В результате проведенных картографических исследований для изучаемой территории наряду с границами притоков р. Хопер (реки: Растеряева, Евдовля, Акишека, Тишанка, Безымянная, Топкая) были установлены границы суходолов. Выявленная структура водосборов также содержит в себе информацию о местоположении и площадях, которые занимают межводосборные участки склонов. Всего было выделено 160 балочных водосбора и 69 межбалочных участков склонов. В исследуемом регионе межбалочные участки склонов занимают 18 % долю территории.

По результатам дешифрирования для каждого балочного водосбора (межбалочного участка склонов) был произведен расчет удельных показателей, характеризующих современные эрозионные процессы: овражное расчленение (км/км^2), плотность вершин оврагов (шт./ км^2).

Диапазон выявленных значений показателя овражного расчленения составляет от 0 до $3,5 \text{ км км/км}^2$, а количества вершин оврагов – от 0 до 12 шт./км^2 .

Среднее арифметические значения исследуемых показателей по региону равны $0,4 \text{ км/км}^2$, и $0,8 \text{ шт./км}^2$.

Расчет среднеарифметических значений исследуемых показателей, характеризующих развитие процессов современной эрозии по группам балочных водосборов и межбалочных участков склонов позволяет констатировать большее развитие деградационных процессов во второй группе. Так, среднеарифметическое значение овражного расчленения для группы балочных водосборов равно $0,3 \text{ км/км}^2$ для межбалочных участков склонов – $0,6 \text{ км/км}^2$. Среднеарифметическое значение плотности вершин оврагов для группы балочных водосборов равно $0,6 \text{ шт./км}^2$ для межбалочных участков склонов – $1,3 \text{ шт./км}^2$.

Результатом проведенных картографических исследований наряду с оценкой развития современных эрозионных процессов в рамках структуры водосборов стал анализ особенностей рельефа и антропогенной нагрузки на агроландшафты. Были созданы картографические модели структуры сельскохозяйственных угодий и крутизны склонов исследуемой территории.

На рисунке 2 в качестве примера представлен фрагмент созданной карты структуры сельскохозяйственных земель, соответствующий четвертому притоку правобережья р. Хопер, – р. Тишанка. Данная карта отражает распространение в регионе четырех

основных типов использования сельскохозяйственных земель: пашня, пастбище, лес, земли сельских поселений. Данное изображение стало основой для снятия параметрической информации и расчета показателей долевого участия выделенных типов угодий в каждом балочном водосборе (межбалочном участке склонов).

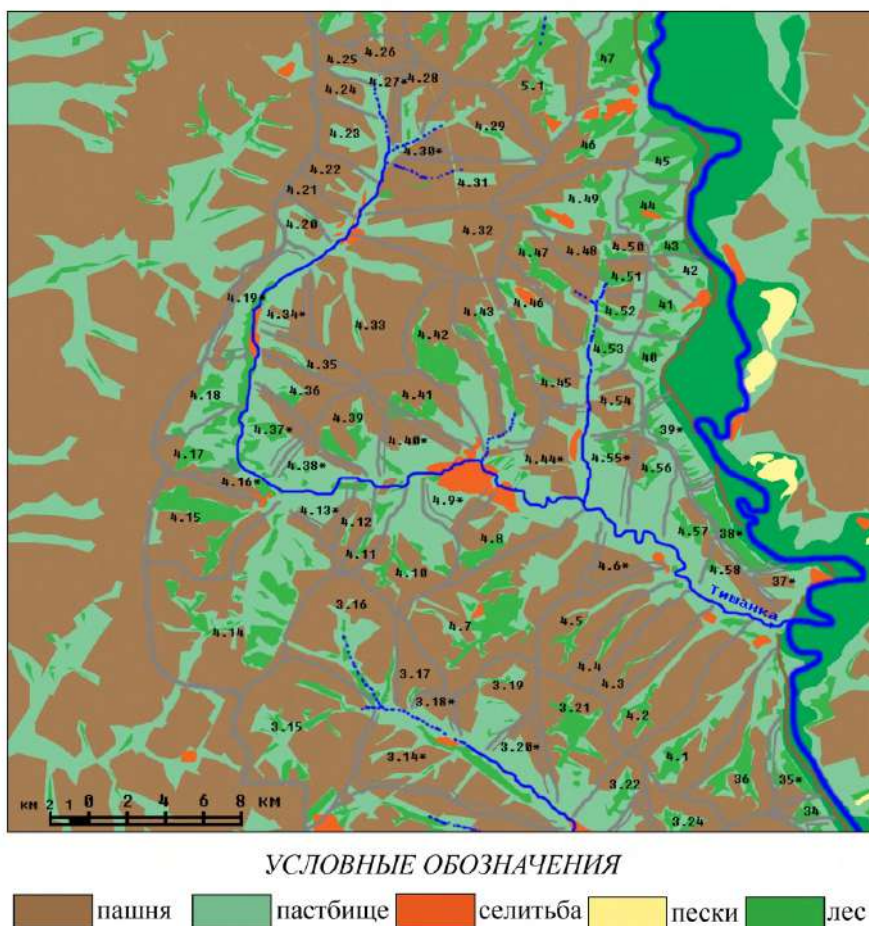


Рисунок 2 – Фрагмент карты структуры сельскохозяйственных угодий, р. Тишанка

Figure 2 – A fragment created by the map of the structure of agricultural land, the river Tishanka

Созданный массив параметрической информации о структуре земель был обобщен. В таблице 1 представлены минимальные и максимальные значения показателей, а также среднеарифметические значения, рассчитанные по трем выборкам. Диапазон значений показателей доли, которые занимают пашня, пастбище, лес и селитебные угодья крайне широк, но в среднем в регионе пашня занимает 44 %, пастбище – 41 %, лес – 12 % и 2 % приходятся на земли, занятые сельскими поселениями. Сопоставление среднеарифметических значений, рассчитанных по выборкам балочных водосборов и межбалочным участкам склонов, позволяет выявить ряд отличий последних. Межбалочные участки склонов характеризуются меньшим количеством пашни и большим количеством пастбищ. Данная особенность может быть объяснена особенностями рельефа, его большей крутизной. Также данные территории отличаются на 40 % меньшим количеством естественно произрастающих лесов и на 230 % большим количеством площадей, которые занимают селитебные угодья. Оба обстоятельства могут служить обоснованием причин большего развития процессов современной эрозии на межбалочных участках склонов.

Естественная древесная растительность является мощным фактором, предотвращающим развитие эрозии. Для исследуемого региона данное обстоятельство чрезвычайно важно, так как леса в регионе представлены в основном байрачными лесами (за исключением леса «Шакин», расположенного в водосборе первого притока р. Хопер – р. Растеряевке). Уменьшение общего показателя лесистости в водосборе свидетельствует о меньшей защищенности перед эрозионными процессами наиболее крутых склонов.

Большее количество поселений указывает на большее пастбищные нагрузки на прилегающие к сельским поселениям территории, а также большее количество проселочных дорог. Тропы домашних животных и проселочные дороги, которые располагаются вдоль склона, являются в ряде случаев причиной концентрации стока и толчком для развития оврагов.

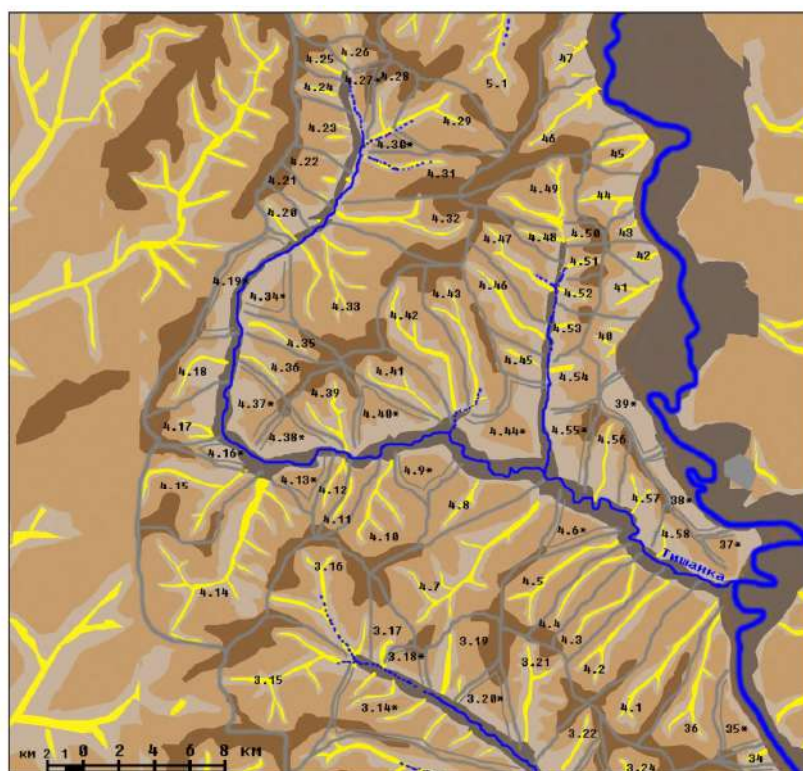
Таблица 1 – Значения показателей структуры сельскохозяйственных угодий исследуемых агроландшафтов

Table 1 – Values of indicators of the structure of agricultural lands of the studied agricultural landscapes

Показатель / Indicator	Пашня / Arable land	Пастбища / Pastures	Лес / Forest	Земли поселений / Settlement lands
Минимальное и максимальное значение показателя, % / Minimum and maximum value of the indicator, %	0-96	3-100	0-94	0-50
Среднеарифметическое значение показателя, рассчитанное региону в целом, % / Average arithmetic value of the indicator calculated for the region as a whole, %	44	41	12	2
Среднеарифметическое значение показателя, рассчитанное по выборке балочных водосборов, % / Mean arithmetic value of the indicator calculated on the basis of a sample of gully watersheds, %	49	35	14	1,4
Среднеарифметическое значение показателя, рассчитанное по выборке межбалочных участков склонов, % / Mean arithmetic value of the indicator calculated from a sample of interbeam sections of slopes, %	34	55	8	3,2

На рисунке 3 представлен фрагмент созданной карты крутизны склонов, соответствующий четвертому притоку правобережья р. Хопер, – р. Тишанка. Рассматриваемая картографическая модель отражает распространение в регионе исследованных основных категорий земель: склоны крутизной 0-0,5 °; 0,6-3°; 4-7°; 8-35°. Вышеперечисленные диапазоны углов склонов аналогичны значениям рассматриваемого параметра, примененного для цели определения границ ландшафтных полос при исследовании геосистем на основе ландшафтно-водосборного подхода [5]. Поверхности с крутизной в диапазоне от 0 до 0,5° совпадают с водораздельной ландшафтной полосой. На созданной картографической модели они закрашены темно-коричневым цветом. Коричневым цветом на рисунке 3 обозначены приводораздельные пространства. Они имеют уклон от 0,6 до 3°. В сравнении с другими типами поверхностей приводораздельные склоны в наибольшей степени имеют сглаженные очертания. Наименьшие площади в исследуемом регионе занимают поверхности с уклоном 4-7° (присетевые склоны). На карте данные участки местности показаны светло-коричневым цветом. Су-

ходольное (или балочное) звено гидрографической сети характеризуется крутизной поверхности в диапазоне от 8 до 35°. На представленном фрагменте созданной картографической модели данному типу поверхности соответствуют контуры, залитые желтым цветом. В распространение и параметрах сухоходольного звена существует особенность, которая воспринимается как визуально-балочная сеть правобережья р. Хопер, она более мелкоконтурна в сравнении с левобережьем, характеризуется меньшими размерами контуров и наибольшей частотой их расположения.



долины рек – 12 %. Сопоставление значений исследуемых параметров по выборкам, соответствующим балочным водосборам и межбалочным участкам склонов, позволяет выделить следующие моменты. Рельеф группы межбалочных участков склонов в сравнении с группой балочных водосборов характеризуется меньшей долей, которую занимают земли водораздельного земельного фонда (4 % площади против 14 %); приблизительно равными значениями площадей, соответствующих приводораздельным пространствам (41 % и 43 %); большей долей, которую занимают в водосборах территории, соответствующие присетевым склонам (территории с уклоном 4-7° занимают 32 % против 28 %) и пойменным участкам гидрографической сети (пойменные территории занимают 23 % площади межбалочных водосборов против 8 % у балочных водосборов).

Таблица 2 – Характеристика крутизны рельефа исследуемых агроландшафтов

Table 2 – Characteristics of the steepness of the relief of the studied agricultural landscapes

Показатели / Indicators	Склоны 0-0,5° / Slopes 0- 0,5°	Склоны 0,6-3° / Slopes 0,6-3°	Склоны 4-7° / Slopes 4-7°	Склоны 8-35° / Slopes 8-35°	Долины рек / River valleys
Минимальное и максимальное значение показателя, % / Minimum and maximum value of the indicator, %	0-46	5-86	0-75	0-26	0-75
Среднеарифметическое значение показателя, рассчитанное региону в целом, % / Average arithmetic value of the indicator calculated for the region as a whole, %	10	43	30	5	12
Среднеарифметическое значение показателя, рассчитанное по выборке балочных водосборов, % / Mean arithmetic value of the indicator calculated on the basis of a sample of gully watersheds, %	14	43	28	7	8
Среднеарифметическое значение показателя, рассчитанное по выборке межбалочных участков склонов, % / Mean arithmetic value of the indicator calculated from a sample of inter-beam sections of slopes, %	4	41	32	0	23

Корреляционный анализ созданной базы данных картографируемых параметров по каждому балочному водосбору (межводосборному участку склонов) позволил отобрать два параметра, опосредовано указывающих на интенсивное развитие эрозии. Выделенными параметрами оказались параметр площади пашни в водосборе расположенных на склонах крутизной более 3° и параметр площади склонов крутизной более 8° непокрытых лесом. Данные параметры косвенно свидетельствующие о активности эрозии были сняты с комбинированного изображения, представляющего собой результат наложения карты крутизны склонов на картографическую модель структуры сельскохозяйственного использования земель. Степень взаимосвязи с параметром эрозионного расчленения в исследуемой выборке водосборов определяется коэффициентами корреляции равными 0,78 для первого и 0,68 для второго показателя соответственно.

Параметры оценки развития современных эрозионных процессов, а также рассмотренные ранее показатели, выбранные по результатам корреляционного анализа, стали фундаментом проведения разделения исследуемой территории на агролесомелиоративные группы – была проведена систематизация исследуемой территории на осно-

ве специфики и направленности, очередности, объемов требуемых лесомелиоративных мероприятий. Обособлены четыре агролесомелиоративные группы (группы условных агроэкологических состояний территорий: «норма», «риск», «кризис», «бедствие»). Самой распространенной группой территорий является группа «риск». Водосборы данного типа занимают 52 % площади региона. Территории с экологическим состоянием, соответствующие группе с названием «норма», занимают 31 %. Балочные водосборы и межбалочные участки склонов, агроэкологическое состояние которых определено как «кризис» составляют 14 % территорий. 4 % площади региона исследования приходится на водосборы, экологическое состояние которых оценено как «бедственное».

Выводы. Результатом проведенных картографических исследования эрозионных ландшафтов стало выявление значений параметров, прямо и косвенно характеризующих развитие современных эрозионных процессов.

Полученные в результате проведенных исследований материалы подтверждают, что участки местности, принадлежащие балочным водосборам и межводосборным участкам склонов, являются территориями отличающегося генезиса. Они представляют собой участки с разной степенью эрозионно-аккумулятивной переработанности пререльефа. Собранные данные являются подтверждением и дальнейшим развитием тезиса Е. А. Гаршинева о «межводосборных участках» как о «реликтах останцах нерасчлененной исходной поверхности склона» [4].

В исследуемом регионе межбалочные участки склонов имеют существенные отличия от остальной территории. Они выдаются в два раза большим количеством современных эрозионных проявлений, долевым соотношением поверхностей с различной крутизной склонов, характеристикой антропогенной нагрузки, меньшим количеством естественно произрастающих лесов.

Собранные данные позволяют обратить внимание на межводосборные участки склонов как на территории, на которых защитные лесные насаждения нужно создавать в первую очередь.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод с пахотных земель разных типов в лесостепной и степной части бассейнов Дона и Волги // Водные ресурсы. 2020. Т. 46. № 7. С. 710-718.
2. Барабанов А. Т., Фомин С. Д., Кулик А. В. К вопросу о стокорегулирующей роли лесомелиоративных и агротехнических противоэрозионных мероприятий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 3 (55). С. 1-11.
3. Барабанов А. Т., Кулик К. Н. Теоретическое обоснование агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 4 (60). С. 48-59.
4. Гаршинев Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: теория и модели. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 196 с.
5. Кочетов И. С., Барабанов А. Т., Гаршинев Е. А. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 84 с.
6. Кулик К. Н. Защитные лесные насаждения - основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18-21.
7. Кулик К. Н., Кошелев А. В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал 2017. № 3. С. 107-114.
8. Селезнева А. В., Дедова И. С. Морфогенетический анализ эрозионного рельефа Волгоградского правобережья // Геоморфология. № 4. 2019. С. 88-101.
9. Шабаетов А. И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. 648 с.

10. Юферев В. Г., Юферев М. В. Оценка эрозионного состояния агроландшафтов по космоснимкам // Научно-агрономический журнал. 2018. № 1 (102). С. 26-28.

11. Cherubin M. R., Chavarro-Bermeo, J. P. Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon // Agroforest Syst. 2019. № 93. P. 1741-1753.

12. Hillbrand A., Borelli S., Conigliaro M. Agroforestry for Landscape Restoration: Exploring the Potential of Agroforestry to Enhance the Sustainability and Resilience of Degraded Landscapes // Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2017. 20 p.

13. Wilson M. H., Lovell S. T. Agroforestry-The Next Step in Sustainable and Resilient Agriculture // Sustainability. 2016. № 8. P. 574-589.

Информация об авторе

Тубалов Алексей Александрович, научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. +7 (8442) 96-85-25, ORCID 0000-0002-4967-0449, e-mail: tubalov-a@vfanc.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-64

GEOINFORMATION MAPPING OF SOROV DEPRESSIONS AND SALT MARSHES IN THE STAVROPOL TERRITORY

V. V. Doroshenko

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 29.08.2022

Submitted 02.12.2022

This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS № 122020100311-3, НИР № 122020100405-9, НИР № 122020100406-6.

Summary

The article is devoted to mapping of sedimentary depressions and salt marshes using geoinformation methods and remote sensing data, including for using the data obtained in mapping and assessing desertification processes.

Abstract

Relevance. The separation of salt marshes and sors as natural formations from sand-occupied territories with similar spectral characteristics makes it possible to clarify estimates of the development of desertification processes, the intensity of which has increased in recent years in the study area. The materials obtained as a result of the work can be used in subsequent work on mapping the dynamics of desertification processes. The purpose of the study was geoinformation mapping of the sor depressions and salt marshes in the north-east of the Stavropol region on the basis of remote sensing data. **An object.** The Azgirsky, Levokumsky, Neftekumsky municipal districts of the Stavropol region, located on the territory of the Tersko-Kuma lowland and the Kumo-Manych depression and the most susceptible to intensive desertification processes, were selected for mapping. **Materials and methods.** The decryption was carried out in a visual way using satellite images in a combination of "natural colors". When decrypting, the coastlines of existing permanent lakes are taken into account, constantly changing depending on the water level and covered with a salt crust. The relative depths are calculated using a digital relief model and the spatial orientation of the selected objects. **Results and conclusions.** As a result of the work, more than 5 thousand objects with a total area of about 80 thousand hectares were allocated, of which 239 objects with an area of 39 thousand hectares is attributed to permanent reservoirs of natural or artificial origin and their coastlines. Many sor depressions may be completely dried up reservoirs from the Manych Lakes group. Most of the objects have an elongated shape in the sublatitudinal direction and are not expressed in relief or have a depth of up to 2 m. Salt marshes up to 4 m high have also been identified.

Key words: Stavropol Territory, quarrels, GIS technologies, geoinformation analysis, remote sensing.

Citation. Doroshenko V. V. Geoinformation mapping of sorov depressions and salt marshes in the stavropol territory. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 553-561 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-64.

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 631.47

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СОРОВЫХ ПОНИЖЕНИЙ И СОЛОНЧАКОВ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

В. В. Дорошенко, младший научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 29.08.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3, НИР № 122020100405-9, НИР № 122020100406-6.

Актуальность. Отделение солончаков и соров как естественных образований от занятых песками территорий, схожих по спектральным характеристикам, позволяет уточнить оценки развития процессов опустынивания, интенсивность которых увеличилась в последние годы на территории исследования. Полученные в результате работы материалы могут быть использованы в последующих исследованиях по картографированию динамики процессов опустынивания. Целью исследования стало геоинформационное картографирование соровых понижений и солончаков на северо-востоке Ставропольского края на основе данных дистанционного зондирования Земли. **Объект.** Для картографирования выбраны Азгирский, Левокумский, Нефтекумский муниципальные районы Ставропольского края, располагающиеся на территории Терско-Кумской низменности и Кумо-Манычской впадины и наиболее подверженные интенсивным процессам опустынивания. **Материалы и методы.** Большинство соровых понижений являются полностью пересохшими водоемами из группы Манычских озер. Дешифрирование проводилось визуальным способом с использованием космических снимков в комбинации «естественные цвета». При дешифрировании учтены береговые линии существующих постоянных озер, постоянно изменяющиеся в зависимости от уровня воды и покрытые солевой коркой. Подсчитаны относительные глубины с использованием цифровой модели рельефа и пространственная ориентация выделенных объектов. **Результаты и выводы.** В результате работы выделено более 5 тыс. объектов общей площадью около 80 тыс. га, из них 239 объектов с площадью 39 тыс. га отнесено к постоянным водоемам естественного или искусственного происхождения и их береговым линиям. Большинство объектов имеет вытянутую в субширотном направлении форму и не выражены в рельефе или имеют глубину до 2 м. Выявлены также солончаки высотой до 4 м.

Ключевые слова: Ставропольский край, соры, ГИС-технологии, геоинформационный анализ, дистанционное зондирование.

Цитирование. Дорошенко В. В. Геоинформационное картографирование соровых понижений и солончаков в Ставропольском крае. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 553-561. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-64.

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. Сорное понижение (сор) – бессточное замкнутое понижение, которое может временно заполняться водой. Дно таких понижений обычно покрыто солевой коркой и лишено растительного покрова (рисунок 1) [4, 5].

Солончак корковый – тип почвы, засоленной в поверхностном горизонте (около 1 % водорастворимых солей) и лишенной растительного покрова. Они формируются при выпотном водном режиме и образовании котловин дефляции. На территории Терско-Кумской низменности солончаки характеризуются низкой общей пористостью и пористостью аэрации, высокими значениями общей влагоемкости, малым объемом активной влаги и малой водопроницаемостью [3].

Целью исследования является картографирование солончаков и сорных понижений, определение их пространственного расположения на территории северо-восточных муниципальных районов Ставропольского края.

Для проведения картографирования выбраны Азгирский, Левокумский и Нефтекумский муниципальные районы Ставропольского края. В Левокумском и Нефтекумском районах в последние годы отмечены наиболее интенсивные на территории края процессы опустынивания из-за масштабных пыльных бурь на сопредельных территориях. Специализацией Азгирского района является растениеводство, в Левокумском и Нефтекумском районах распространены скотоводство и нефтедобыча. Данные районы граничат с Республикой Дагестан на востоке и Республикой Калмыкия – на севере; в прилегающих к области исследования муниципальных районах этих республик схожие физико-географические условия и имеют сопоставимое распространение сорные понижения и процессы опустынивания [2, 5, 11].

Зона исследования является относительно плоской и располагается на территории Терско-Кумской низменности и Кумо-Манычской впадины. Среднегодовое количество осадков – 300-500 мм, что способствует периодическому заполнению сорных понижений водой [1]. Также здесь располагаются некоторые из Манычских озер – Малое соленое, Большой Довсун, Сага Бирючья, Дадынское; наиболее крупным искусственным водоемом является Чограйское водохранилище, также существует ряд искусственных водоемов, образующихся вблизи ирригационных каналов. Эти озера, в основном, имеют глубину до 2 м и в течение года могут пересыхать, при этом плоское дно покрывается солевой коркой и может дешифрироваться как сорное понижение [4, 5].



Рисунок 1 – Сорное понижение (Ставропольский край, 29.06.2022, 44.8587 с.ш., 45.5003 в.д.)

Figure 1 – Sor depression (Stavropol region, 29.06.2022, 44.8587 S.S., 45.5003 V.D.)

Важным аспектом исследования является отделение солончаков и соров от очагов опустынивания, распространенных в районе исследования. Соровые понижения, периодически заполняемые водой, в период пересыхания могут дешифрироваться как занятые песками участки. Учитывается также влияние песчаных бурь, в результате которых соровые понижения могут быть частично или полностью засыпаны песком [6-9, 12].

Результаты данной работы позволят более точно оценивать степень распространения процессов опустынивания в области, а также оценить динамику тех соров, которые были засыпаны в результате песчаных бурь.

Материалы и методы. Дешифрирование солончаков и соровых понижений проводилось визуальным способом с использованием космических снимков Sentinel-2 (пространственное разрешение 10 м). Было составлено композитное изображение в комбинации «естественные цвета», обеспечивающее достаточную контрастность для дешифрирования соровых понижений и солончаков и дифференциации их от схожих по спектральным характеристикам объектов – песков и пересыхающих водоемов (рисунок 2).

Постоянные водоемы как естественного, так и искусственного происхождения были выделены в особый класс объектов, при этом учитывались колебания уровня воды – основная граница чаши озера выделялась как побережье, поскольку четко дешифрируется по солевой корке.

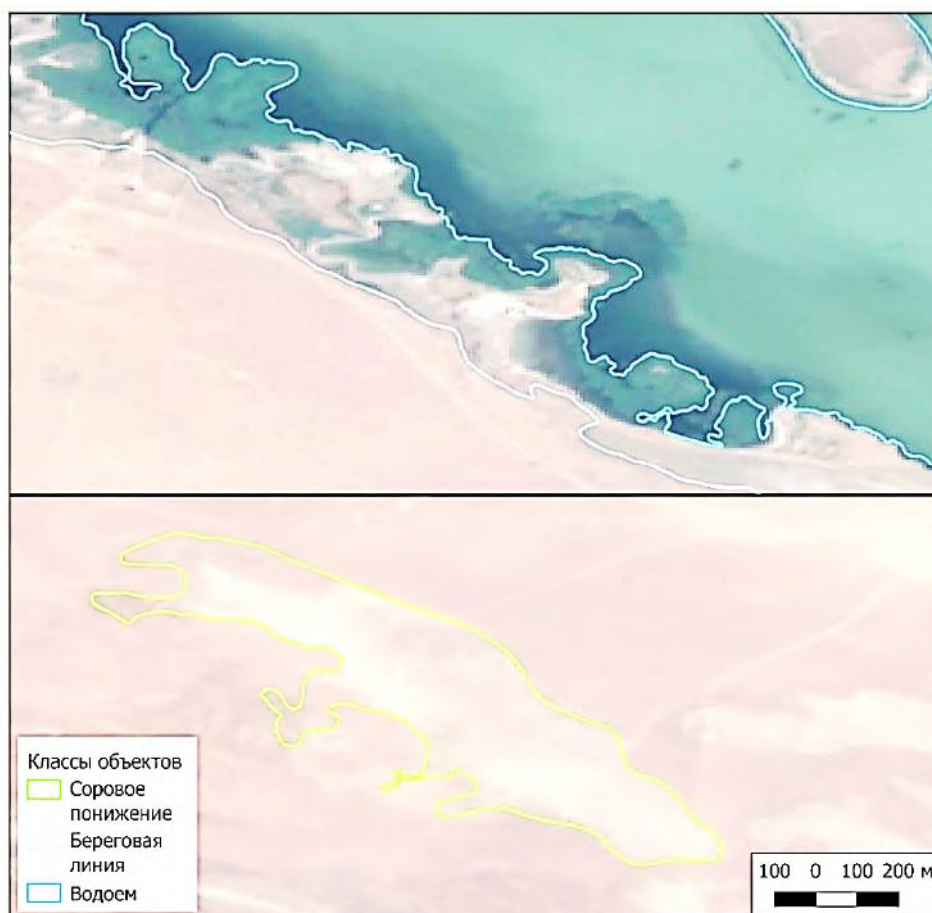


Рисунок 2 – Фрагмент космоснимка Sentinel-2 от 15.07.2022. Озеро Дадынское с береговой линией (вверху). Соровое понижение (внизу)

Figure 2 – Fragment of the Sentinel-2 satellite image from 07/15/2022. Dadynskoye Lake with a coastline (above). Sor depression (below)

Показатель глубины понижения рассчитывался по данным SRTM (пространственное разрешение 1 секунда, высотное разрешение 1 метр) как значение большинства пикселей для каждого полигона с применением зональной статистики. Также проводилось сравнение со средними высотами окружающей территории в радиусе 200 м, чтобы выявить относительную глубину.

Для определения ориентации объектов в пространстве использовано соотношение разницы широт и долгот для крайних точек каждого полигона.

Обработка растровых материалов, дешифрирование, геоинформационный анализ и формирование итоговых картографических материалов проводились в программном обеспечении «QGIS 3.4». Статистическая обработка данных проводилась в «MS Excel 2016».

Результаты и обсуждение. По результатам дешифрирования всего выделено 5360 объектов, из них 201 находится на территории Азгирского муниципального района, 4064 – на территории Левокумского муниципального района и 1096 – на территории Нефтекумского муниципального района (рисунки 3, 4). К сорам и солончакам относятся 5122 объекта общей площадью 32,8 тыс. га. Средняя площадь для одного объекта, таким образом, составляет 3,4 га.

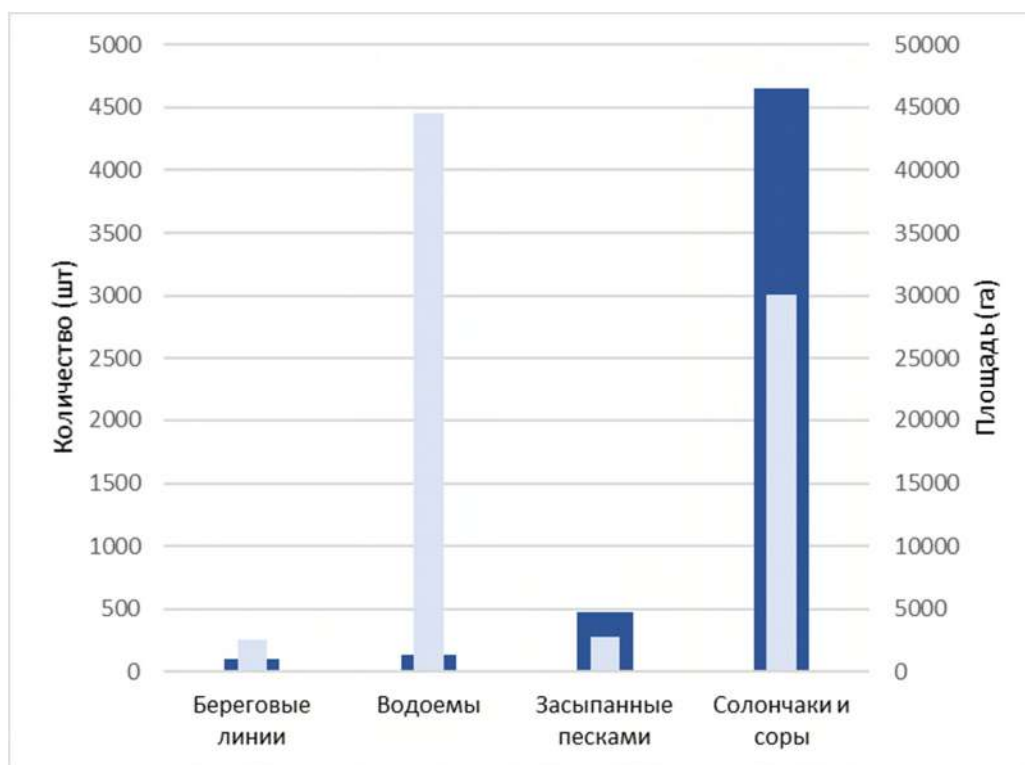


Рисунок 3 – Распределение объектов по количеству и площадям
(узкие столбцы – площадь, широкие столбцы – количество)

Figure 3 – Distribution of objects by number and area
(narrow columns – area, wide columns – quantity)

Наиболее крупные соры располагаются в северной части зоны исследования, вблизи границы Ставропольского края с Республикой Калмыкия и реки Восточный Маныч. На данном участке располагаются также озера Манычской группы, таким образом, данные соры могут быть полностью пересохшими водоемами естественного происхождения. Значительная часть общей площади сорных понижений и солончаков

(21,1 тыс. га) обеспечена 52 объектами с площадью более 100 га. При этом количественно преобладают соры и солончаки площадью до 1 га (3889 шт.), занимающие площадь 613,7 га.

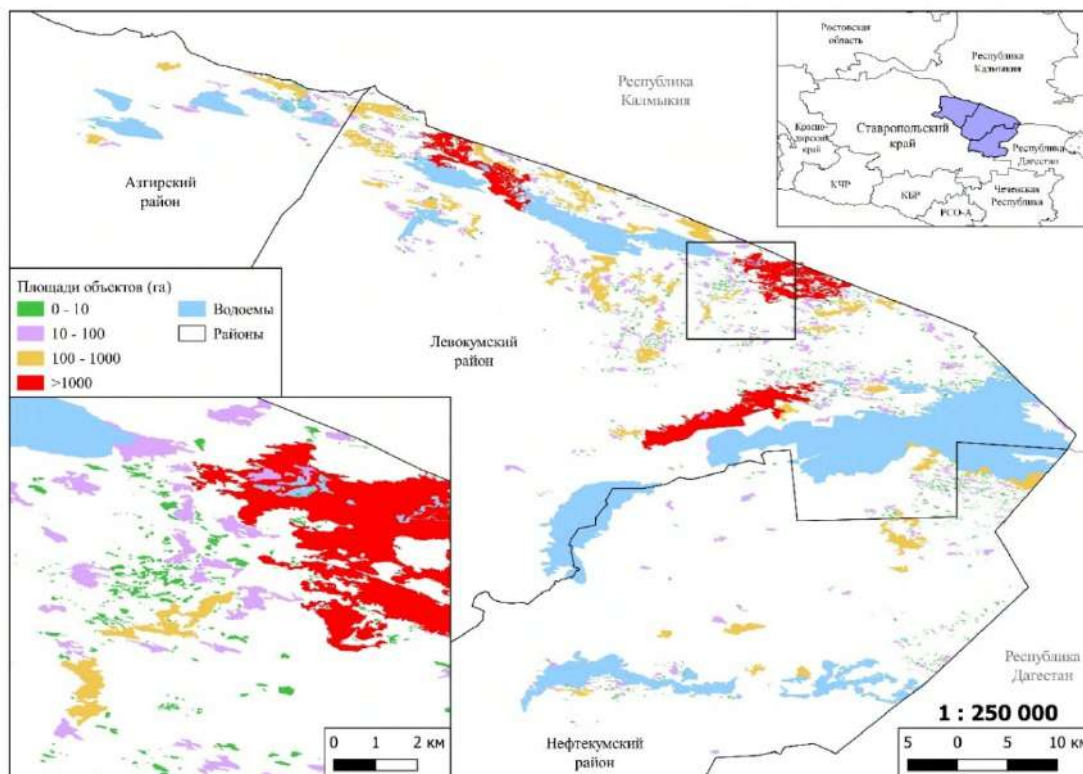


Рисунок 4 – Пространственное расположение солончаков, соров и водоемов

Figure 4 – Spatial location of salt marshes, sores and reservoirs

Около 21 % всех соровых понижений и солончаков имеют форму, вытянутую в субмеридиональном направлении, более 16 % не имеют выраженной пространственной ориентации. Абсолютное большинство объектов (61,9 %) имеют вытянутую в субширотном направлении форму, как и распространенные в области исследования озера из группы Манычских.

Выделено также 14 естественных водоемов с площадью зеркала, значительно изменяющейся в течение года; общая площадь прибрежных территорий, относящихся к ложу водоемов и не покрытых водой большую часть года, составляет 2,6 тыс га. На схеме пространственного расположения соровых понижений, солончаков и водоемов прибрежные территории приравнены к водоемам ввиду их происхождения и конфигурации. Выделено 122 водоема искусственного происхождения общей площадью 36,4 тыс. га, к категории искусственных водоемов также отнесены значительные по площади участки прудов и орошаемых полей на границе Левокумского и Нефтекумского муниципальных районов.

В отдельный класс объектов были выделены соровые понижения и солончаки, которые были полностью или частично засыпаны песком в результате интенсивных песчаных бурь 2020 и 2021 года. Площадь соров, полностью занятых песками, составляет 577 га, частично засыпанных – 1,4 тыс. га. Они располагаются, в основном, в восточной части зоны исследования, вблизи границы Ставропольского края и Республики Дагестан, где процессы опустынивания получили наибольшее распространение в последние годы (рисунок 5).

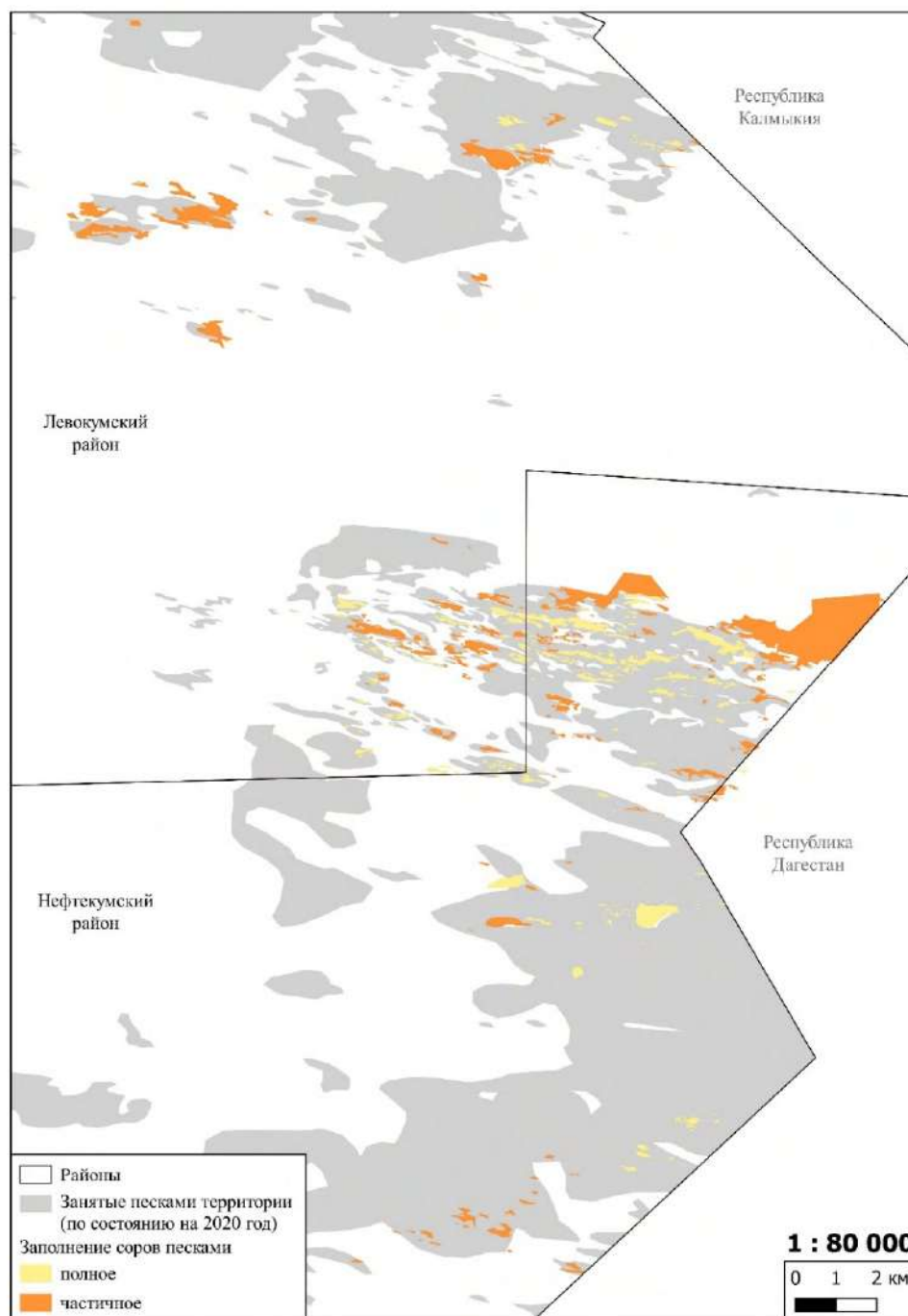


Рисунок 5 – Взаимное расположение песков (по состоянию на 2020 год) и солончаков и сорв

Figure 5 – Relative position of sands (as of 2020) and salt marshes and sores

Накапливающийся в сорвых понижениях песок может служить источником последующего эолового переноса песков. Также после засыпания сорвых понижений на них возможно разрастание растительности в результате эолового переноса семян вплоть до возникновения полноценного фитоценоза [3, 10]. Необходим последующий мониторинг состояния засыпанных песком сорвых понижений для выявления динамики выдувания песка или зарастания. При существующих условиях эолового переноса илесто-песчаного материала, содержащего семена растений, возможна мелиорация со-

лончаков и соровых понижений с незначительным вмешательством человека – путем создания невысоких искусственных препятствий на пути постоянных ветров. Подобный метод позволяет накапливать илесто-песчаный материал на поверхности солончака или сорового понижения, что впоследствии приведет к его трансформации и формированию сплошного слоя наносного почвенного материала [3].

Подсчет объемов песка в понижении и толщины песчаного слоя дистанционными методами затруднен и имеет неудовлетворительную точность. Для оценки толщины песчаного слоя и возможности мелиорации засыпанных полностью или частично соров и солончаков необходимы полевые данные.

Исходя из распределения полученных в результате дешифрирования объектов по высоте (таблица 1), можно разделить выделенные объекты на солончаки и соровые понижения. Из 5122 объектов 2062 объектов (70,6 %) площадью более 24 тыс. га не выделяются в рельефе, поэтому не могут быть отнесены к соровым понижениям. Относительная высота 1005 объектов общей площадью 960,7 га больше средней высоты окружающей местности, что позволяет отнести их к солончакам (все объекты имеют площадь до 5 га). Большая часть соров имеет глубину 1-2 м. Максимальная высота равняется 4 метрам, наибольшая глубина – 5 м.

Таблица 1 – Распределение соровых понижений по высоте

Table 1 – Distribution of sor depressions by height

Количество (шт.)	Площадь (га)	Средняя площадь (га)	Относительная высота (м)
215	81,9	0,38	>1
790	878,8	1,11	1
2 026	24 531,10	12,10	0
1 490	6 622,70	4,44	-1
461	658,5	1,43	-2
114	65,9	0,58	-3
22	7	0,32	-4
3	2,1	0,7	-5

Выводы. Общая площадь солончаков и соровых понижений на северо-востоке Ставропольского края составляет 32 тыс. га. Из-за своих спектральных характеристик такие объекты оказывают влияние на результаты картографирования очагов опустынивания, поэтому результаты дешифрирования могут быть использованы для уточнения картографирования процессов опустынивания. Необходим дальнейший мониторинг тех соров и солончаков, что были занесены песком в результате песчаных бурь.

Библиографический список

1. Антонов С. А., Каторгин И. Ю. Картографирование характеристик изменения климата в Ставропольском крае // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2021. Т. 27. № 3. С. 171-182.
2. Геоинформационный анализ опустынивания северо-западного Прикаспия / К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Г. Юферев, Н.А. Ткаченко, С. С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-24.
3. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Москва: Издательство МБА, 2021. 700 с.
4. Пищулов С. А. Комплексная характеристика соровых понижений Северо-Западного Прикаспия (на примере Астраханской области) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 2 (24). С. 123-126.
5. Пищулов С. А. Соры как форма аридного рельефа // Геоморфология. 2013. № 3. С. 89-96.

6. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Мониторинг процессов опустынивания в северо-западном Прикаспии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. С. 394.

7. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Оценка площади опустынивания на юге европейской части России в 2021 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 291-297.

8. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 17. № 7. С. 270-275.

9. Шинкаренко С. С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Черных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155-168.

10. Экологические аспекты формирования солончака реградированного в Терско-Кумской низменности Прикаспия / Г. Н. Гасанов, З. М. Асадулаев, Т. А. Асварова, З. У. Гасанова, К. М. Гаджиев, Р. Р. Баширов, А. С. Абдулаева, З. Н. Ахмедова, М. Р. Мусаев, Н. Р. Магомедов, А. А. Айтмиров, С. Л. Десинов // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 4. С. 86-97.

11. Shumova N. A. Analysis of Climatic Conditions in the Republic of Kalmykia for 1966–2017 // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 3. P. 188-193.

12. Zolotokrylin A. N., Titkova T. B. A new approach to the monitoring of desertification centers // Arid Ecosystems, 2011. Vol. 1. No. 3. P. 125-130.

Информация об авторе

Дорошенко Валерия Витальевна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), E-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-65

IMPROVING THE QUALITY OF CONCRETE WORKS DURING REPAIR AND RESTORATION OF THE STRUCTURES OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES ON RECLAIM SYSTEMS

D. S. Dubyago¹, A. E. Novikov^{2,3}, Y. A. Mazhaysky⁴

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute of irrigated agriculture, Volgograd

³Volgograd State Technical University, Volgograd

⁴Meschersky branch of VNIIGiM named after A. N. Kostyakov, Ryazan

Received 30.09.2022

Submitted 14.11.2022

Summary

The article analyzes the state of hydraulic structures on reclamation systems. The influence of the polymer composition in the composition of synthetic latex, sodium carbomethylcellulose technical and its aqueous solutions used for gluing a polyethylene film to the surface of concrete on the strength properties and moisture loss of hydrotechnical concrete during its hardening in the process of caring for it is analyzed.

Abstract

Introduction. In the warm period after the completion of concrete laying during the repair of irrigation and drainage structures on drainage systems, a number of adverse factors affect its physical and mechanical properties. Therefore, the implementation of work on the care of hydraulic concrete is very important. The developed maintenance methods can be divided into two principal groups: the use of a film placed on the adjacent surface to the laid concrete mix, and the use of a film placed on the adjacent concrete mix. The methods make it possible to ensure that concrete achieves the required physical and mechanical indicators within the time required by the project, which are laid down during the manufacture of the mixture. To ensure a thorough adhesion of the film to the surface, it is fixed using a special composition of a polymer

composition, which consists of technical sodium carbomethylcellulose and a latex base. Among the most famous products of this type stands out "Universal glue "Bustilat-M". Improving the quality of repair of hydraulic structures made of concrete and reinforced concrete increases the service life of these structures. **Object.** The object of the study is hydroreclamation structures with the presence of defects in concrete and reinforced concrete structures and requiring appropriate repairs, concrete to eliminate them. **Materials and methods.** Standard methods for assessing defects in hydraulic structures were used. The effectiveness of care for hydraulic concrete was assessed by comparing the average strength characteristics of samples that were cured under conditions of optimal care without compensating for water loss due to evaporation (hermetic tight-fitting plastic bags), with the strength of samples hardened in air-dry conditions, and the strength of samples, which were cared for by one of the developed methods while controlling moisture loss. The age of concrete samples, from which care began, was changed discretely. Before and after formwork removal, the studied concrete samples for the repair of hydraulic structures hardened in specialized laboratory conditions at a temperature of 20 ± 3 °C and in complete isolation from direct sunlight. Strength control was carried out mainly at the age of 28 days. Fine sand and Portland slag cement, low-plasticity and rigid concrete mixture were used in the experiments. The samples were made in a mold with dimensions of $0,1 \times 0,1 \times 0,1$ m. **Results and conclusions.** According to the inventory of reclamation systems, about 62% of all large structures (locks-regulators, pipes-regulators, pipes-crossings, bridges) are fully operational. The results of laboratory experiments have established that the implementation of technical operations for the care of the concrete mixture by the proposed methods and according to the general principles of fixing the polyethylene film with the help of "Universal Adhesive "Bustilat-M" on a water basis with a concentration of 24,9 to 37,4% will be optimal. It has been found that the application of two or more layers of adhesive to the bonded surface or to both bonded surfaces does not affect adhesion or adhesion strength.

Key words: *hydraulic structures, care of hydraulic concrete, film bonding, polymer composition, strength.*

Citation. Dubyago D. S., Novikov A. E., Mazhaisky Y. A. Improving the quality of concrete works during repair and restoration of the structures of hydrotechnical structures on reclaim systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 561-568 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-65.

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 interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 626.8:693.54

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ РЕМОНТЕ И ВОССТАНОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Д. С. Дубяго¹, аспирант

А. Е. Новиков^{2,3}, доктор технических наук, член-корреспондент РАН

Ю. А. Мажайский⁴, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

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

³Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

⁴Меуцеский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», г. Рязань

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 14.11.2022

Актуальность. В теплый период после завершения укладки бетона при ремонте гидромелиоративных сооружений на мелиоративных системах ряд неблагоприятных факторов ухудшает его физико-механические свойства, поэтому важно осуществлять работы по уходу за гидротехническим бетоном. Разработанные способы ухода можно разделить на две группы: приклеивание пленки толь-

ко к прилегающей поверхности к уложенной бетонной смеси и приклеивание пленки к уложенному бетону, который уже начал затвердевать, и к прилегающей к нему поверхности. Данные способы позволяют обеспечить достижение бетоном физико-механических требуемых показателей в требуемые проектом сроки, которые закладываются при изготовлении смеси. Для обеспечения тщательного прилегания пленки к поверхности она закрепляется при помощи специального состава из полимерной композиции, которая состоит из технического натрия, карбометилцеллюлозы и латексной основы. Среди наиболее известных изделий такого типа выделяется «Универсальный клей «Бустилат-М». Улучшение качества ремонта конструкций гидротехнического назначения, изготовленных из бетона и железобетона, повышает срок эксплуатации этих сооружений. **Объект.** Объектом исследования выступают гидромелиоративные сооружения с наличием дефектов бетонных и железобетонных конструкций, которые требуют проведения соответствующего ремонта, бетон для их устранения. **Материалы и методы.** Применялись стандартные методы оценки дефектов гидротехнических сооружений. Оценка эффективности ухода за гидротехническим бетоном производили путем сравнения средних прочностных характеристик образцов, которые осуществляли набор прочности в условиях оптимального ухода без компенсации потерь воды в результате испарения (герметичные плотнооблегающие полиэтиленовые пакеты), с прочностью образцов, твердевших в воздушно-сухих условиях, и прочностью образцов, за которыми осуществлялся уход по одному из разработанных способов при контроле влагопотерь. Возраст образцов бетона, с которого начинался уход за ними, изменяли дискретно. До и после снятия опалубки изучаемые образцы бетона для ремонта гидротехнических сооружений твердели в специализированных лабораторных условиях при температурном режиме 20 ± 3 °C и в полной изоляции от прямого попадания солнечных лучей. Контроль прочности осуществляли преимущественно в возрасте 28 суток. В опытах использовали песок мелкий и шлакопортландцемент, низкопластичную и жесткую бетонную смесь. Образцы изготавливали в форме с размерами 0,1×0,1×0,1 м. **Результаты и выводы.** По данным проведенной инвентаризации мелиоративных систем полностью исправны около 62 % всех крупных сооружений (шлюзы-регуляторы, трубы-регуляторы, трубы-переезды, мосты). Результатами лабораторных опытов установлено, что осуществление технических операций по уходу за бетонной смесью предложенными методами и по общим принципам закрепления полиэтиленовой пленки при помощи «Клея универсального «Бустилат-М» на водной основе с концентрацией от 24,9 до 37,4 % будет оптимальным. Установлено, что нанесение двух и более слоев клеящего состава на склеиваемую поверхность или на обе склеиваемые поверхности не влияет на сцепление или силу адгезии.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, бетон гидротехнический, ремонт ГТС, качество бетонных работ.

Цитирование. Дубяго Д. С., Новиков А. Е., Мажайский Ю. А. Повышение качества проводимых бетонных работ при ремонте и восстановлении конструкций гидротехнических сооружений на мелиоративных системах. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 561-568. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-65.

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. Состояние гидротехнических сооружений (ГТС) на мелиоративных системах Республики Беларусь предполагает в обозримом будущем выполнение существенных объемов ремонтно-восстановительных и эксплуатационных работ различного рода. Проведение ремонтов железобетонных и бетонных конструкций ГТС не является исключением.

От технического состояния ГТС зависит эффективность использования водных ресурсов, в том числе и на орошение [3]. Например, трещины в облицовке каналов будут способствовать увеличению фильтрации воды из них. Разрушение конструкций труб-регуляторов будет причиной невозможности регулирования уровня воды.

Цель исследований – выработать и обосновать практико-ориентированные рекомендации, направленные на эффективное и рациональное использование методов безвлажного ухода за бетонной смесью при осуществлении ремонтно-восстановительных работ на гидротехнических сооружениях для повышения их долговечности и надежности эксплуатации.

Материалы и методы. Оценку дефектов ГТС осуществляли визуально и с применением контрольно-измерительных приборов. Лабораторные исследования проводили в лабораториях Учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Для получения жесткой или низкопластичной бетонной смеси использовали шлакопортландцемент марки 400 и песок мелкий. Для изготовления образцов применяли специальные формы с габаритами каждой из трех ячеек 0,1×0,1×0,1 м. Для оценки эффективности осуществления ухода за образцами контролировали следующие ключевые показатели:

- 1) средняя прочность при сжатии по оси при достижении проектного возраста;
- 2) средний объем потери воды бетоном в период затвердевания.

До этапа снятия опалубки первичный и вторичный уход за бетоном осуществляли посредством герметичного укрытия специализированной пленкой на основе полиэтилена. В течение всего периода полученные образцы хранили в условиях температурного режима 20 ± 3 °С, а также полного отсутствия попадания прямых солнечных лучей на образцы.

Требуемую концентрацию полимерного раствора получали путем добавления рекомендуемого объема воды в «Клей универсальный «Бустилат-М».

Результаты и обсуждение. В соответствии с данными Государственного объединения по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству «Белводхоз» (Республика Беларусь) на территории страны располагается порядка 87 834 узкоспециализированных гидротехнических сооружений. После проведения инвентаризации конструкций и определения их состояния было установлено, что 35 464 единицы или 40,4 % требуют профилактического ремонта. Еще 1809, или 2,1 %, ГТС требуется проведение текущего ремонта. Капитальный ремонт требуется 487 сооружениям, что составляет 0,6 %. В исправном состоянии находится 62,2 % сооружений. Анализ разработанной проектно-сметной документации на ремонтно-восстановительные и ремонтно-эксплуатационные работы ГТС указывает на то, что именно на осуществление ремонтных работ с использованием бетона, а также производные от них, приходится наибольшие издержки [10]. К примеру, при осуществлении ремонта труб-переездов удельные затраты могут достигать порядка 70 %. Вместе с этим стоимость проведения ремонтных работ с использованием бетона зависит от типа конструктивного элемента (от 1,8 % для труб-переездов до 35,8 % для шлюзов-регуляторов).

Причины разрушения бетонных и железобетонных конструкций ГТС могут быть различны. Повышение долговечности ГТС – одна из основных задач при ремонте [15]. Бетонные работы при ремонте ГТС выполняют по типовым схемам [5]. Работы при ремонте ГТС выполняются на открытом воздухе при значительном удалении (могут быть на расстоянии 25 км и больше) от баз организаций во время теплого периода года. В этих условиях на бетон воздействует ряд природно-климатических факторов (низкая относительная влажность воздуха, высокая температура окружающей среды, ветер и солнечная радиация), которые сильно ухудшают все его физико-механические свойства: прочность, морозостойкость, водонепроницаемость и другие. Процесс ухудшения показателей гидротехнического бетона (ГТБ) при обезвоживании до приобретения им

определенной критической прочности относительно деструктивного воздействия потерь воды и влажностных деформаций, возникающих при испарении воды с его поверхности, является необратимым [1, 4, 8, 11, 12].

Если не обеспечить ухода за гидротехническим бетоном в необходимом объеме, то бетон не достигнет уровня заложенных при его приготовлении физико-механических свойств в проектные сроки, поэтому осуществлять требуемый уход за ГТБ при устранении дефектов его бетонных и железобетонных конструктивных элементов – важная составляющая повышения качества ремонтных работ ГТС на мелиоративных системах. Затраты на уход за ГТБ меньше затрат на ремонт ГТС. Обеспечение ухода за уложенной смесью заключается в обеспечении наиболее благоприятных температурных и влажностных показателей, которые обеспечат идеальность и равномерность процесса затвердевания, что скажется на повышении прочностных характеристик. Выполнение всех необходимых работ по уходу за бетоном позволяет избежать деформаций и усадок, сократить количество и размеры трещин на поверхности бетона [6, 7].

При имеющихся у ГТС плоских прилегающих поверхностях к ремонтируемому участку первичный и вторичный уход за ГТБ может быть выполнен с помощью укрытия его поверхности полиэтиленовой пленкой и прижиманием ее краев. При возникновении ситуации с неплотным прилеганием пленки по периметру бетонной смеси эффективность ее применения значительно снижается. Появление небольшой вентиляции для бетона становится причиной увеличения потерь воды в результате испарения. Последнее является не только основой возникновения влажностной деформации, но также влияет на снижение физических и механических свойств гидротехнического бетона [13, 14]. Повреждения железобетонных конструктивных элементов ГТС могут быть на различных пространствах относительно вертикали. Они преимущественно возникают локально. Поэтому применение общепринятых способов ухода за бетоном при его твердении неэффективно или дорого. Например, рекомендуемый при ремонте ГТС влажностный уход за ранее уложенным бетоном в течение двух недель [9] в условиях удаленности ГТС от базы не рационален.

В случае использования технологии по приклеиванию полиэтиленовой пленки к поверхности бетона при уходе за ним, а не простое прижимание последней по краям позволяет устранить вышесказанные недостатки, обеспечить высокий уровень ухода за укладываемой смесью. Рассматриваемая технология позволяет обеспечить достаточную плотность прилегания пленки к поверхности, высокий уровень герметичности. Применяемые способы приклеивания пленки условно делятся на 2 ключевые группы. Первая предполагает крепление материала только к прилегающей бетону поверхности. Вторая заключается в осуществлении процедуры не только к прилегающей к бетону поверхности, но и к ранее уложенной бетонной смеси (рисунок 1).

При достижении возраста бетона, при котором он становится невосприимчивым к влиянию влагопотери, пленку можно удалять с защищаемой поверхности. Для повышения водонепроницаемости бетонной конструкции пленку необязательно удалять с поверхности бетона, например, при уходе за внешней поверхностью конструкции ГТС, которая будет засыпаться грунтом. Это будет альтернативой нанесения пленкообразующих покрытий на поверхность бетона или приклеивания водонепроницаемых материалов [2].

В производственных условиях для осуществления поставленных задач по приклеиванию полиэтиленовой пленки при уходе за бетоном наилучшим решением является использование полимерной композиции «Клей универсальный «Бустилат-М»» и его растворов водой.

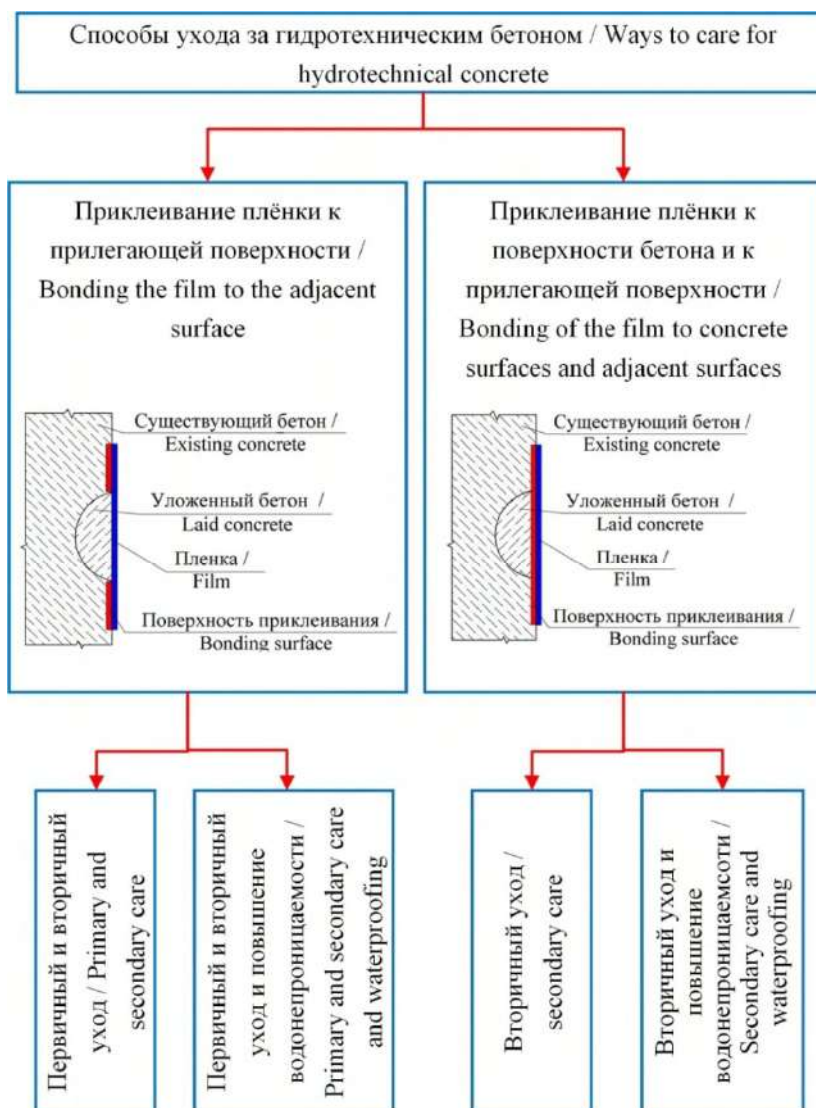


Рисунок 1 – Способы ухода за гидротехническим бетоном

Picture 1 – Methods for the care of hydraulic concrete

С целью определения ключевых характеристик особенностей полимеризации нанесенного полимерного раствора при твердении образцов ГТБ, твердевших в воздушно-сухих условиях, на них наносился раствор с концентрацией от 12,5 % до 34,7 %. Для изготовления бетона использовалась жесткая и низкопластичная бетонная смесь. В процессе исследования использовались образцы возрастом от 1 до 6 суток, а количество слоев покрытия раствора варьировалось от 1 до 2. При проведении опытов осуществлялся контроль за влагопотерями. При достижении образцами проектного возраста выполнялось испытание на прочность при осевом сжатии. Было выявлено, что при полимеризации полимерного состава на основе «Клей универсальный «Бустилат-М»» на поверхности твердеющего бетона не образуется влагонепроницаемой полимерной пленки.

Первый способ, который предполагает приклеивание полиэтиленовой пленки к прилегающей поверхности к уложенному бетону (рисунок 1), может быть применен в качестве первичного или вторичного ухода за ГТБ. При осуществлении подобных работ пленка закрепляется таким образом, при котором свежесуложенный раствор не вза-

имодельствует с полимерным раствором. При достижении ГТБ прочности, при которой у него из-за потерь воды в результате испарения не происходит ухудшения физико-механических свойств, полиэтиленовая пленка удаляется с его поверхности.

Второй способ ухода, при котором выполняется приклеивание пленки всей ее поверхностью, обладает повышенной эффективностью при вторичном уходе за бетонной смесью. То есть представленный вариант подойдет для ухода за бетоном, за которым уже выполнялся первичный уход. Исключением является ситуация, при которой поверхность бетона покрывалась полимерными веществами, которые образуют влагонепроницаемые вещества. При реализации работ по уходу за ГТБ пленка приклеивается по всей поверхности, в том числе и к прилегающей к отремонтированному участку поверхности.

Оптимальные значения сил адгезии и сцепления пленки с поверхностью бетона, к которому она приклеивается, достигаются при использовании полимерной композиции концентрации 24,9-37,4 % и нанесении ее в один слой.

Выводы. На основании данных обследования состояния гидротехнических сооружений, расположенных на мелиоративных системах, установлена острая необходимость в проведении значительных объемов работ по ремонту их железобетонных конструкций. Применение раствора полимерной композиции концентрации 24,9-37,4 % с основой «Клей универсальный «Бустилат-М» при приклеивании полиэтиленовой пленки для проведения ухода за уложенным бетоном обеспечивает получение потенциально заложенного уровня прочности при приготовлении бетонной смеси в проектные сроки. Разработанные способы ухода за уложенным бетоном исключают возможность испарения влаги из внешних слоев уложенного бетона. При приклеивании полиэтиленовой пленки к поверхности бетона с применением полимерного раствора вышеуказанной концентрации достигаются оптимальные в данных условиях силы адгезии и сцепления.

Библиографический список

1. Александров Д. Ю. Перспективы применения комплексно-модифицированного песчаного асфальтобетона в дорожном строительстве // Наука и Техника. 2017. № 4. С. 315-324.
2. Гарбуз А. Ю. Ремонт повреждений облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 2 (58). С. 33-39.
3. Куликова Е. В., Нигреева В. А. Влияние гидротехнических сооружений на состояние водных ресурсов Белгородской области // Модели и технологии природообустройства. 2020. № 1. С. 18-23.
4. Леонович С. Н. Моделирование капиллярной усадки и трещинообразование бетона в раннем возрасте // Наука и техника. 2018. № 4. С. 265-277.
5. Причины разрушения и концепции ремонта бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений / В. М. Давиденко, Г. Ф. Паромова, Г. В. Охапкин, Д. А. Ивашинцев, П. И. Фотиев // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2017. Т. 286. С. 3-9.
6. Сайгашова Е. Е., Королькова Н. Н. Особенности бетонов для строительства гидротехнических сооружений // Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова. 2017. № 20. С. 41-43.
7. Соловьянчик А. Р., Гинзбург А. В., Пуляев И. С. Обеспечение повышенных требований к уходу за твердеющим бетоном при возведении конструкций транспортных сооружений // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 156-165.
8. Структура и свойства мелкозернистых бетонов на основе композиционных вяжущих / А. И. Харченко, В. А. Алексеев, И. Я. Харченко, Д. А. Баженов // Вестник МГСУ. 2019. № 3. С. 33-39.
9. Судаков В. Б., Василевский А. Г. О ремонте бетонных и железобетонных конструкций в зоне переменного горизонта воды // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденова. 2015. Т. 262. С. 55-60.
10. Турапин С. С., Савушкин С. С., Каштанов В. В. Эксплуатация гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса Минсельхоза России // Экология и строительство. 2018. С. 19-26.

11. Five year drying of high performance concretes: effect of temperature and cement-type on shrinkage / F. N. G. Brue, C. A. Davy, F. Skoczylas, N. Burlion, X. Bourbon // *Cement And Concrete Research*. 2017. V. 99. P. 70-85.
12. Koji I. A. Repair Example of Main Drainage Channel with Dry Masonry Concrete Block // *Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering*. 2019. Vol. 87. No 12. P. 96-97.
13. Liu P., Chen Y., Yu Z., Xing F. Vertical water transport model in concrete based on the coupled effects of the capillarity, gravity and evaporation // *Construction and Building Materials*. 2020. V. 204. 10 p.
14. Meng L. Y. Moisture transport and shrinkage in concrete at early age // *Applied Mechanics and Materials*. 2012. P. 232-235.
15. Recommendations for improving the reliability of hydraulic structures in the on-farm network / B. Matyakubov, K. Isabaev, D. Yulchiyev, S. Azizov // *Journal of Critical Reviews*. 2020. V. 7. No 5. P. 376-379.

Информация об авторах

Дубяго Дмитрий Святославович, аспирант федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 40002, Волгоград, проспект Университетский, 26),
E-mail: dubyago.dm@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0163-2619

Новиков Андрей Евгеньевич, д-р тех. наук, член-корреспондент РАН, директор федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28) E-mail: novikov-ae@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-8051-4786

Мажайский Юрий Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» (РФ, 390021, Рязанская обл., Рязань, ул. Мещерская (Солодча), 1А), E-mail: mail@mmtc.pro.
ORCID: 0000-0002-0743-8289

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-66

INCREASING THE PROFILE PERFORMANCE OF VEHICLES FOR CARGO TRANSPORTATION IN AGRICULTURE

A. S. Myasnikov¹, S. D. Fomin²,

¹*ChPOU "Gazprom College Volgograd"*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 26.09.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. For the transportation of agricultural goods during field work on farms, general-purpose vehicles with a wide range of applications are used. Structurally embedded in the device of vehicles operated in agriculture, the technical characteristics of the cross-sectional cross-country characteristic for field conditions of work factors (rough terrain, low bearing capacity of the supporting surface, adverse weather conditions) cause difficulties in their movement, and sometimes complete jamming. Disruption of the schedules for the implementation of field work and the timing of the delivery of agricultural products adversely affect both the individual results of the production of work and, in general, the activities of the enterprise and economy. One of the directions for increasing the efficiency of vehicles employed in the field of agriculture is to increase their profile cross-country ability. **An object.** The object of the study is the current model of the vehicle. **Materials and methods.** A comparative analysis of the parameters of the cross-sectional cross-country ability of vehicles operated in the field of agriculture was carried out with the data of experimental studies of the cross-sectional cross-country indicators of the current vehicle model. The limiting dimensions of obstacles, which can be

overcome by the current model of the vehicle, are determined by calculation and graphical method, taking into account the technical solutions incorporated in its design. **Results and conclusions.** A comparative analysis of the cross-sectional cross-country performance of KAMAZ-55102, KAMAZ 43118 model 4590D1 vehicles and the current vehicle layout showed that the technical solutions incorporated in the design of the latter allow expanding the profile cross-country parameters. The current model of the vehicle is able to overcome ditches up to $1.88 \cdot D$ wide, convex longitudinal obstacles with a radius of 0.061 m, convex transverse obstacles with a radius of 0.37 m.

Keywords: *transport work in agriculture, profile cross-country ability of cars, the current model of the vehicle, convex longitudinal and transverse obstacles, ditches.*

Citation. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the profile performance of vehicles for cargo transportation in agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 568-579 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-66.

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 interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.37

ПОВЫШЕНИЕ ПРОФИЛЬНОЙ ПРОХОДИМОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. С. Мясников¹, преподаватель

С. Д. Фомин², доктор технических наук, профессор

¹ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград»

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 26.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Для перевозки сельскохозяйственных грузов при проведении полевых работ в хозяйствах используются транспортные средства общего назначения широкого профиля применения. Конструктивно заложенные в устройство транспортных средств, эксплуатируемых в сельском хозяйстве технические характеристики профильной проходимости при характерных для полевых условий работы факторах (пересеченный рельеф местности, низкая несущая способность опорной поверхности, неблагоприятные погодные условия) вызывают затруднения в их передвижении, а иногда и полное застревание. Срыв графиков выполнения полевых работ и сроков поставки сельскохозяйственной продукции неблагоприятно сказывается как на отдельных результатах производства работ, так и в целом на деятельности предприятия, хозяйства. Одним из направлений роста эффективности транспортных средств, занятых в сфере сельского хозяйства, является повышение их профильной проходимости. **Объект.** Объектом исследования является действующий макет транспортного средства. **Материалы и методы.** Проведен сравнительный анализ параметров профильной проходимости автомобилей, эксплуатируемых в сфере сельского хозяйства, с данными экспериментальных исследований показателей профильной проходимости действующего макета транспортного средства. Расчетно-графическим путем определены предельные размеры препятствий, преодоление которых возможно действующим макетом транспортного средства, с учетом заложенных в его конструкцию технических решений. **Результаты и выводы.** Сравнительный анализ показателей профильной проходимости автомобилей КАМАЗ-55102, КАМАЗ 43118 модель 4590D1 и действующего макета транспортного средства показал, что технические решения, заложенные в конструкцию последнего, позволяют расширить параметры профильной проходимости. Действующий макет транспортного средства способен преодолевать рвы шириной до $1,88 \cdot D$, выпуклые продольные препятствия радиусом от 0,061 м, выпуклые поперечные препятствия – радиусом от 0,37 м.

Ключевые слова: *профильная проходимость автомобилей, действующие макеты транспортных средств, перевозка сельскохозяйственных грузов.*

Цитирование. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве. *Известия НВ АУК*. 2022. 4(68). 568-579. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-66.

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 одним из «локомотивов» агропромышленного комплекса (далее АПК) страны является растениеводство, что обусловлено неуклонным простом валового сбора сельскохозяйственных культур в России за последние 10 лет [9]. Повышение урожайности сказывается на многих показателях АПК, включая объем перевозимых грузов и количество грузоперевозок, для выполнения которых применяют в том числе грузовые автомобильные транспортные средства.

Транспортные работы, выполняемые автомобилями и автопоездами, являются одним из важных слагаемых успешного функционирования любого сельхозпредприятия и по оценкам специалистов занимают порядка 60 % от общего объема перевозок сельскохозяйственных грузов и 85 % грузооборота [5, 8, 11]. По мнению ряда ученых, перевозка сельскохозяйственных грузов представляет собой отдельную технологию механизированных сельскохозяйственных работ, для реализации которых необходимо выпускать специальные транспортные средства, конструктивно способные работать и выполнять задачи в полевых условиях [1, 4, 10, 12, 13, 16].

Имеющиеся и занятые на сегодняшний день в отрасли образцы грузовой автомобильной техники выполняют большой объем работы по перевозке грузов, но далеко не всегда способны выполнять ее качественно и в срок, а как известно, от сроков посевов, проведения технологических операций по возделыванию, уборки, а также периода и условий вывоза урожая с полей зависят урожайность, сохранность и качество продукции, ее товарный вид.

Одной из ключевых причин, снижающих эффективность работы грузовой автомобильной техники при перевозке грузов в полевых условиях, является недостаточная проходимость при низкой несущей способности опорной поверхности в весенний и осенний периоды, наличие пересеченного рельефа местности, низкого уровня оснащения территории хозяйств дорогами с твердым покрытием, а также влияние климатических особенностей регионов страны [15]. Перечисленные факторы обусловлены тем, что эксплуатируемая в сельском хозяйстве автомобильная грузовая транспортная техника является средствами общего назначения и широкого профиля применения для различных сфер хозяйственной деятельности человека и конструктивно не адаптирована под специфичные для сельского хозяйства условия работы. Выпускаемые на сегодняшний день промышленностью транспортные средства сельскохозяйственного назначения отличаются, например, от строительных только облегченной конструкцией кузова, его размерами и способом разгрузки (боковой или трехсторонний) [5, 8, 11].

Одним из направлений для повышения мобильности автомобильных грузовых транспортных средств эксплуатируемых при перевозке грузов в сельском хозяйстве является повышение профильной проходимости, под которой ученый С. В. Котович понимает способность автомобиля к преодолению препятствий различного рода (подъемов, косогоров, рвов и т.п.) и его вписывания в требуемую полосу движения [2]. Профильная проходимость транспортного средства ограничивается его конструктивными параметрами – геометрическими характеристиками, размерами колес, схемами расположения осей и другими данными [2, 14].

Материалы и методы. Для исследования способов повышения профильной проходимости разработан действующий макет транспортного средства (рисунки 1, 2), который состоит из следующих конструктивных узлов и единиц (Патент на изобретение 2782207. Устройство передвижения транспортного средства. Мясликов А. С., Фомин С. Д. и др.) [3]: 1-3 – части продольного перемещения движителей 4 вдоль рамы 5; 6 – механизмы поступательного перемещения частей 1-3; 7 – поперечная балка, связывающая движители 4, расположенные по разным сторонам бортов; 8 – механизмы перемещения движителей 4 с балками 7 в вертикальной плоскости; 9 – кабина; 10 – кузов; 11 – механизм продольного перемещения кузова и кабины; 12 – источники энергии; 13 – электрический блок; 14 – пульт управления. Габаритные размеры машины: длина – 1500 мм; ширина – 540 мм.

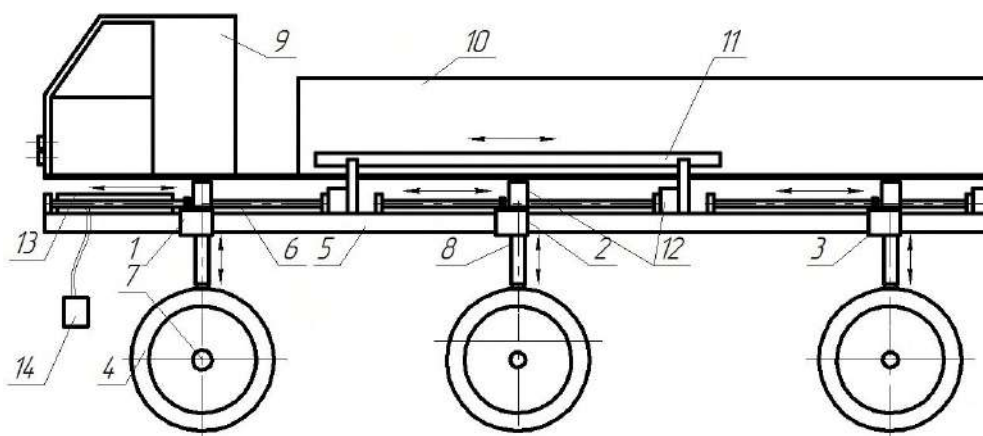


Рисунок 1 – Схема экспериментального транспортного средства

Figure 1 – Diagram of the experimental vehicle



Рисунок 2 – Общий вид макета транспортного средства (без кузова и кабины)

Figure 2 – General view of the vehicle layout (without body and cab)

Заложенное в макет техническое решение для повышения профильной проходимости заключается в следующем: каждая из осей транспортного средства с расположенными на ней движителями имеет техническую возможность перемещения относительно рамы транспортного средства в продольном и вертикальном направлении и способны занимать относительно рамы любое пространственное положение в пределах технически заложенной величины; кузов и кабина транспортного средства имеют техническую возможность перемещения вдоль рамы и способны занимать любое положе-

ние в границах технически заложенной величины с целью переноса центра тяжести и распределения массы транспортного средства и перевозимого им груза в зависимости от взаимного расположения осей с двигателями [3].

Некоторые возможные варианты передвижения макета транспортного средства по опорной поверхности представлены на рисунке 3. На рисунке 3а оси O_1, O_2, O_3 располагаются на расстоянии $O_{1,2}^{\max}, 2/3 \cdot O_{2,3}^{\min}, h_1=h_2=h_3=0$; на рис. 3б – $1/2 \cdot O_{1,2}^{\max}, 1/2 \cdot O_{2,3}^{\max}, h_1=h_2=h_3=0$; на рис. 3в – $O_{1,2}^{\min}, O_{2,3}^{\min}, h_1=h_2=h_3=0$; на рис. 3г – $O_{1,2}^{\max}, 2/3 \cdot O_{2,3}^{\min}, h_1^{\max}, h_2^{\max}, h_3^{\max}$; на рис. 3д – $1/2 \cdot O_{1,2}^{\max}, 1/2 \cdot O_{2,3}^{\max}, h_1^{\max}, h_2=0, h_3^{\max}$; на рис. 3е – $O_{1,2}^{\min}, O_{2,3}^{\min}, h_1^{\max}, h_2^{\max}, h_3^{\max}$.

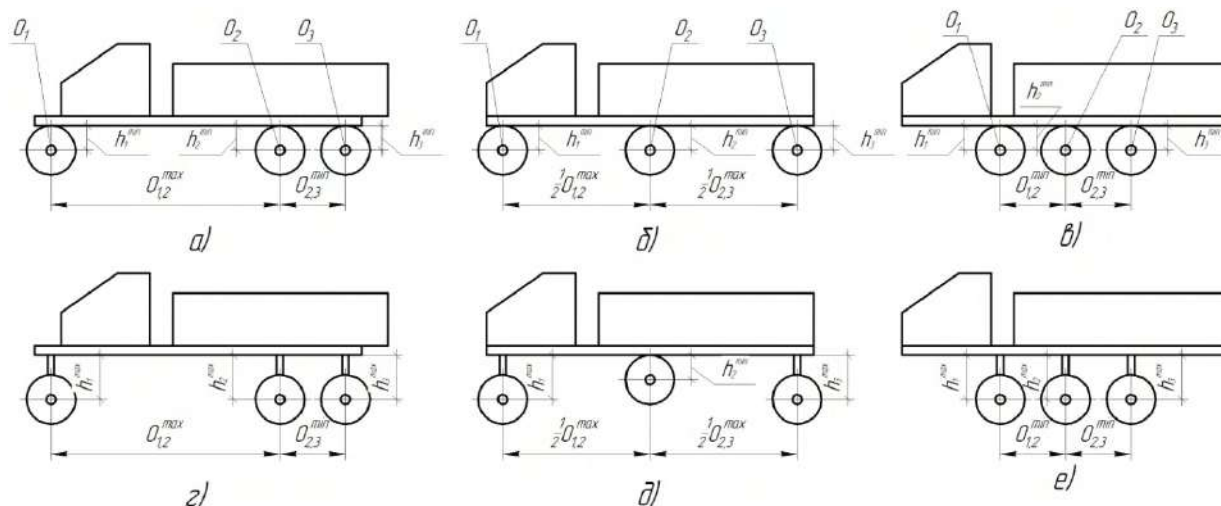


Рисунок 3 – Схемы возможного расположения осей с двигателями и кабины с кузовом:
 O_1, O_2, O_3 – оси с двигателями транспортного средства; h_1, h_2, h_3 – расстояние от рамы транспортного средства до соответствующей оси O_1, O_2, O_3 транспортного средства;
 $O_{1,2}, O_{2,3}$ – расстояние между осями транспортного средства

Figure 3 – Diagrams of the possible arrangement of axles with propellers and cabs with a body:
 O_1, O_2, O_3 – the axes with the propellers of the vehicle; h_1, h_2, h_3 – the distance from the frame of the vehicle to the corresponding axis O_1, O_2, O_3 of the vehicle; $O_{1,2}, O_{2,3}$ – the distance between the axes of the vehicle

Выбор схемы передвижения определяется оператором-водителем по результатам визуального определения параметров преодолеваемого препятствия. Технически возможно оснащение автомобиля средствами технического зрения и определения пространственного положения осей с двигателями и кузова с кабиной относительно рамы транспортного средства, а также блока получения, обработки и выдачи информации и с помощью любого из известных способов передачи информации (проводная связь, Bluetooth, нейросеть и т.п.) выполнять дистанционное управление или роботизированное передвижение.

Для исследования эффективности принятых в макете транспортного средства (рисунок 1) технических решений, направленных на повышение его профильной проходимости, проведем сравнительный анализ параметров профильной проходимости некоторых серийно-выпускаемых и используемых в сельском хозяйстве образцов автомобильной колесной техники с действующим макетом транспортного средства.

Результаты и обсуждение. В качестве используемых в сельском хозяйстве единиц техники приняты трехосный самосвал зерновоз модели 4590D1 на шасси КАМАЗ 43118 с колесной формулой 6×6 (рисунок 4) [6] и самосвал КАМАЗ-55102 с колесной формулой 6×4 (рисунок 5) [7].



Рисунок 4 – Общий вид самосвала зерновоза модели 4590D1 на шасси КАМАЗ 43118

Figure 4 – General view of the grain truck model 4590D1 on the chassis KAMAZ 43118



Рисунок 5 – Общий вид самосвала КАМАЗ-55102

Figure 5 – General view of the KAMAZ-55102 dump truck

Учитывая различия в габаритных размерах макета и техники используемой в хозяйствах для получения истинных исследуемых параметров, введем при сравнении линейных показателей моделей 4590D1 и КАМАЗ-55102 с макетом транспортного средства (рисунок 1) поправочный коэффициент:

$$k_i = \frac{L_i}{L}, \quad (1)$$

где L_i – габаритная длина рассматриваемой единицы автомобильной грузовой транспортной техники, мм; L – длина действующего макета транспортного средства (рисунок 1), мм.

В качестве параметров профильной проходимости автомобильных транспортных средств в исследовании принимаются следующие показатели: дорожный просвет h ; база транспортного средства l ; передний l_1 и задний l_2 свес; угол переднего γ_1 и заднего γ_2 свеса машины; статический радиус колеса r_{cm} , радиус продольной R и поперечной r проходимости автомобиля.

Анализ руководств по эксплуатации автомобилей [6, 7], результаты измерений геометрических параметров действующего макета транспортного средства, а также их сравнительный анализ показателей с учетом поправочного коэффициента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры профильной проходимости транспортных средств

Table 1 – Parameters of profile patency of vehicles

Наименование показателя	КАМАЗ-55102	КАМАЗ 43118 модель 4590D1	Действующий макет транспортного средства		
			Действительные показатели	С учетом поправочного коэффициента в сравнении с моделью:	
				КАМАЗ-55102	КАМАЗ 43118 модель 4590D1
Поправочный коэффициент k	5,05	5,76	-	-	-
Дорожный просвет h , мм	280	385	min 180 мм max 310 мм	min 909 мм max 1565,5 мм	min 1036,8 мм max 1785,6 мм
База транспортного средства l , мм	3190	3690	min 215 мм max 940 мм	min 1085,8 мм max 4747 мм	min 1238,4 мм max 5414,4 мм
Передний l_1 свес, мм	1275	1360	min 20 мм max 362,5 мм	min 101 мм max 1830,6 мм	min 115,2 мм max 2088 мм
Задний l_2 свес, мм	1785	2275	min 20 мм max 362,5 мм	min 101 мм max 1830,6 мм	min 115,2 мм max 2088 мм
Статический радиус колеса r_{cm}	1020	1256	107,5	9,49	11,68
Угол переднего γ_1 свеса, град.	26	35	max 122° min 29,2°	-	-
Угол заднего γ_2 свеса, град.	30	35	max 122° min 30,5°	-	-
Радиус продольной R проходимости, мм	3231	3985	min 32,11 мм max 1951 мм	max 9853 мм min 162,2 мм	max 11237,76 мм min 185 мм
Радиус поперечной r проходимости, мм	1508,75	1076,4	min 260 мм max 278 мм	min 1313 мм max 1410 мм	min 1497,6 мм max 1601,3 мм

Полученные результаты параметров профильной проходимости автомобилей КАМАЗ-55102, КАМАЗ 43118 модель 4590D1 и действующего макета транспортного средства, а также данные их сравнительного анализа свидетельствуют о том, что техническая возможность изменения пространственного положения каждой из осей с движителями в продольном и вертикальном относительно рамы положении, а также изменение положения центра тяжести кузова и кабины относительно рамы позволяют:

- изменять клиренс, с возможностью его выбора в зависимости от рельефа опорной поверхности или выполняемой технологической операции в области сельского хозяйства;
- изменять базу транспортного средства, углы его переднего и заднего свеса, а также радиусы продольной и поперечной проходимости в зависимости от размеров преодолеваемых препятствий, характера их размещения и частоты расположения на опорной поверхности;
- в зависимости от распределения перевозимого груза в кузове транспортного средства имеется техническая возможность перераспределения загрузки каждой из его осей путем изменения параметров базы, переднего и заднего свесов.

Учитывая технические преимущества и возможности применения действующего макета транспортного средства по сравнению с применяемыми в отрасли сельского хозяйства автомобилями, рассмотрим возможности его профильной проходимости при преодолении пороговых выпуклых препятствий и рвов.

Преодоление рвов. Согласно [2], ориентировочная ширина рва, преодолеваемого многоосным автомобилем, у которого оси располагаются или могут располагаться симметрично, определяется по формуле:

$$b_p \leq 0,2 \cdot l_0 \cdot (n-1), \quad (3)$$

где l_0 – расстояние от оси передних колес до центра масс; n – число осей автомобиля.

С учетом того, что у действующего макета транспортного средства кузов имеет техническую возможность перемещения вдоль рамы на расстояние $0 < L_{\text{куз.каб}} \leq 0,3$ м, а ось с двигателями может перемещаться вдоль рамы на $0 < L_{\text{оси}} \leq 0,43$, то расстояние от оси передних колес до центра масс автомобиля может меняться и находиться в интервале $0,28 \leq l_0 \leq 1,01$ м. Тогда:

$$b_p \geq 0,2 \cdot 0,28 \cdot (3-1)$$

$$b_p \leq 0,2 \cdot 1,01 \cdot (3-1)$$

$$0,11 \leq b_p \leq 0,404.$$

Полученные результаты по преодолению рвов действующим макетом транспортного средства показывают, что передвижение по опорной поверхности с включением препятствий размером менее 0,11 м макет способен преодолевать способом качения, что в сравнении с наружным диаметром движителей ($D=0,215$ м) составляет $0,5 \cdot D$. Полученные результаты соответствуют трехосным автомобилям с несимметричным расположением осей [2].

Преодоление рвов размером более 0,11 м макет транспортного средства способен преодолевать с использованием технической возможности изменения базы и параметров переднего и заднего свесов за счет механизмов продольного перемещения осей с двигателями. Максимальный размер преодолеваемого препятствия макетом с учетом его технических возможностей равен 0,404 м, что в сравнении с наружным диаметром движителей составляет $1,88 \cdot D$. Полученные результаты соответствуют четырех - шестиосным автомобилям. Таким образом, анализ полученных результатов показал, что в части преодоления рвов профильная проходимость действующего макета транспортного средства значительно выше по сравнению с используемыми в сельском хозяйстве трехосными автомобилями с несимметричным расположением осей [2] и эквивалентна автомобилям с осями более 3.

Преодоление выпуклых препятствий.

А) Преодоление допустимого продольного выпуклого препятствия.

Согласно [2], радиус предельно допустимого продольного выпуклого препятствия рассчитывается по формуле:

$$R = 0,5 \cdot \frac{0,25 \cdot l^2 + h_k^2 - \Delta^2 - 2 \cdot r_0 \cdot h_k}{2 \cdot h_k} + \sqrt{0,25 \cdot \left(\frac{0,25 \cdot l^2 + h_k^2 - \Delta^2 - 2 \cdot r_0 \cdot h_k}{2 \cdot h_k} \right)^2 + \Delta^2 \cdot (h_k - r_0) / (2 \cdot h_k)}, \quad (4)$$

где l – база; r_0 – статический радиус колеса, м; h_k – расстояние от опорной поверхности до наиболее низкой точки автомобиля в продольном направлении, м; Δ – расстояние от наиболее низкой точки автомобиля в продольном направлении до середины его базы, м.

Согласно формуле 4, для действующего макета транспортного средства с учетом его технических возможностей, заключающихся в изменении положения осей с двигателями в продольной и вертикальной плоскостях, а также кабины с кузовом в продольной плоскости относительно рамы, параметры l и Δ будут меняться в интервалах

соответственно $0,215 \leq l \leq 0,94$, $0,29 \leq \Delta \leq 0,73$. Для анализа влияния параметров l , Δ , h_k – на изменение предельно допустимого радиуса продольного выпуклого препятствия использовалась система Mathcad. Полученные в ходе исследований результаты представлены в таблицах 2, 3 и на рисунке 6.

Анализ результатов исследования радиуса предельно допустимого продольного выпуклого препятствия действующим макетом транспортного средства показал, что автомобиль в зависимости от установленных параметров l , Δ и h_k может преодолевать продольные препятствия радиусом, изменяемым в интервале $0,06 \leq R \leq 0,404$ м, причем при увеличении базы автомобиля l радиус преодолеваемого препятствия увеличивается. Изменение параметра Δ носит знакопеременный характер влияния на радиус преодолеваемого препятствия в зависимости от изменения базы l макета. Так, для поверхности $R1$ при изменении базы до $l \leq 0,376$ м и увеличении Δ – радиус преодолеваемого препятствия увеличивается, а при $l \geq 0,457$ м – радиус уменьшается. Для поверхности $R2$ при увеличении Δ во всем диапазоне технически возможного изменения базы l радиус предельно допустимого продольного выпуклого препятствия увеличивается.

Сравнительный анализ результатов исследования при различных параметрах дорожного просвета h_k показал, что при увеличении базы автомобиля до определенного значения параметр $R1$ был больше $R2$, а при $l=0,859$ и $\Delta=0,29$ м показатель $R2 > R1$ (рисунок 5). Данный факт обусловлен тем, что при достижении радиусом предельно допустимого продольного выпуклого препятствия величины равному дорожному просвету, автомобиль будет способен преодолевать препятствия, радиус которых превышает его клиренс и идет резкое увеличение данного параметра.

Минимальный радиус преодолеваемого препятствия при $h_k=0,18$ м равен $R1=0,061$ м и наблюдается при параметрах $l=0,215$ м, $\Delta=0,29$ м, при $h_k=0,31$ м – $R2=0,135$ м.

Область, заключенная между двумя поверхностями $R1$ и $R2$ (рисунок 6), является диапазоном возможного преодоления макетом транспортного средства предельных выпуклых продольных препятствий, располагающихся на пути его передвижения.

Возможности макета транспортного средства позволяют ему передвигаться по опорной поверхности как с наличием не протяженных по длине (протяженность меньше базы автомобиля), но часто расположенных на опорной поверхности препятствий, так и затяжных препятствиях.

Таблица 2 – Результаты исследования изменения радиуса $R1$ предельно допустимого продольного выпуклого препятствия в зависимости от изменения l и Δ действующего макета транспортного средства при $h_k=0,18$ м

Table 2 – Results of the study of the change in the radius $R1$ of the maximum permissible longitudinal convex obstacle depending on the change l and Δ of the current layout of the vehicle at $h_k = 0.18$ m

Изменение базы, м	Расстояние от наиболее низкой точки автомобиля в продольном направлении до середины его базы, м						
	0,29	0,363	0,437	0,51	0,583	0,657	0,73
0,215	0,061	0,064	0,066	0,068	0,069	0,069	0,07
0,296	0,066	0,068	0,069	0,07	0,07	0,071	0,071
0,376	0,074	0,074	0,074	0,073	0,073	0,073	0,073
0,457	0,087	0,083	0,08	0,078	0,077	0,076	0,075
0,537	0,0107	0,095	0,088	0,084	0,081	0,079	0,078
0,618	0,137	0,114	0,100	0,092	0,087	0,084	0,082
0,698	0,181	0,142	0,118	0,104	0,095	0,09	0,086
0,779	0,241	0,183	0,143	0,12	0,106	0,097	0,092
0,859	0,316	0,24	0,18	0,142	0,12	0,107	0,099
0,94	0,404	0,314	0,232	0,174	0,14	0,12	0,108

Таблица 3 – Результаты исследования изменения радиуса R2 предельно допустимого продольного выпуклого препятствия в зависимости от изменения l и Δ действующего макета транспортного средства при $h_k=0,31$ м

Table 3 – Results of the study of changes in the radius R2 of the maximum permissible longitudinal convex obstacle depending on the change l and Δ of the current layout of the vehicle at $h_c = 0.31$ m

Изменение базы, м	Расстояние от наиболее низкой точки автомобиля в продольном направлении до середины его базы, м						
	0,29	0,363	0,437	0,51	0,583	0,657	0,73
0,215	0,135	0,147	0,157	0,164	0,17	0,175	0,179
0,296	0,141	0,153	0,161	0,168	0,174	0,178	0,182
0,376	0,151	0,16	0,168	0,174	0,178	0,182	0,185
0,457	0,164	0,171	0,177	0,181	0,185	0,187	0,19
0,537	0,18	0,185	0,188	0,19	0,192	0,194	0,195
0,618	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
0,698	0,229	0,224	0,22	0,217	0,214	0,212	0,211
0,779	0,262	0,251	0,242	0,235	0,229	0,224	0,221
0,859	0,301	0,284	0,269	0,257	0,247	0,239	0,233
0,94	0,347	0,324	0,302	0,284	0,269	0,257	0,248

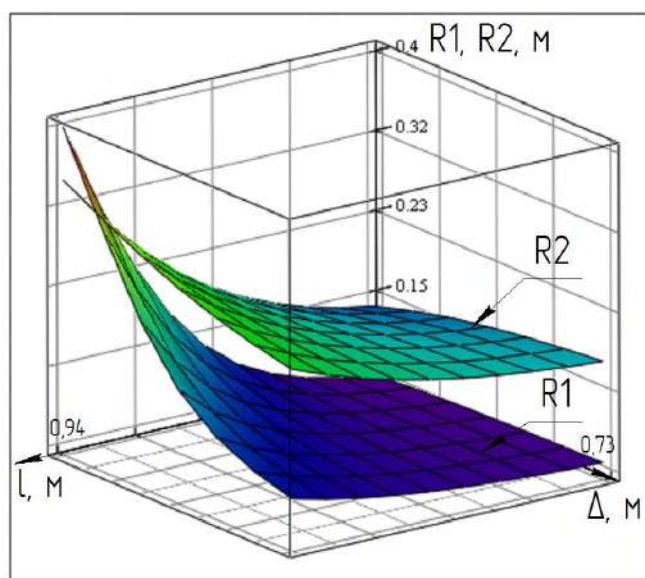


Рисунок 6 – Поверхности изменения радиуса предельно допустимого продольного выпуклого препятствия в зависимости от изменения l и Δ при преодолении действующим макетом транспортного средства:

R1 – поверхность изменения при $h_k=0,18$ м; R2 – поверхность изменения при $h_k=0,31$ м

Figure 6 – The surfaces of the change in the radius of the maximum permissible longitudinal convex obstacle depending on the change in l and Δ when overcome by the current layout of the vehicle

R1 is the surface of change at $h_c = 0.18$ m; R2 is the surface of change at $h_c = 0.31$ m

Б) Преодоление допустимого поперечного выпуклого препятствия.

Радиус предельно допустимого поперечного выпуклого препятствия определяется по формуле 5 при условии, что самая низкая точка в поперечном направлении расположена в середине колеи автомобиля:

$$R3=(B_{вн}+4\cdot h_m^2)/(8\cdot h_m) \quad (5)$$

где $B_{вн}$ – расстояние между внутренними поверхностями шин движителей оси; h_m – расстояние от опорной поверхности до наиболее низкой точки автомобиля в поперечном направлении.

Согласно формуле 5, для действующего макета транспортного средства с учетом его технических возможностей, заключающихся в изменении положения осей с двигателями в вертикальной плоскости, относительно рамы параметр h_m будет меняться в интервале $0,18 \leq h_m \leq 0,31$. Полученные в ходе исследований результаты зависимости радиуса препятствия от дорожного просвета действующего макета транспортного средства в поперечном направлении представлены на рисунке 7.

Анализ результатов исследования показывает, что при увеличении дорожного просвета радиус предельно допустимого поперечного выпуклого препятствия уменьшается и значение предельного минимального радиуса преодолеваемого препятствия при $h_m = 0,31$ м равно $R_3 = 0,37$ м.

Возможности макета транспортного средства позволяют ему поступательно двигаться над препятствием, расположенным между колеей (междурядье, обвалование), что является важным показателем при работе автомобиля в сфере сельского хозяйства.

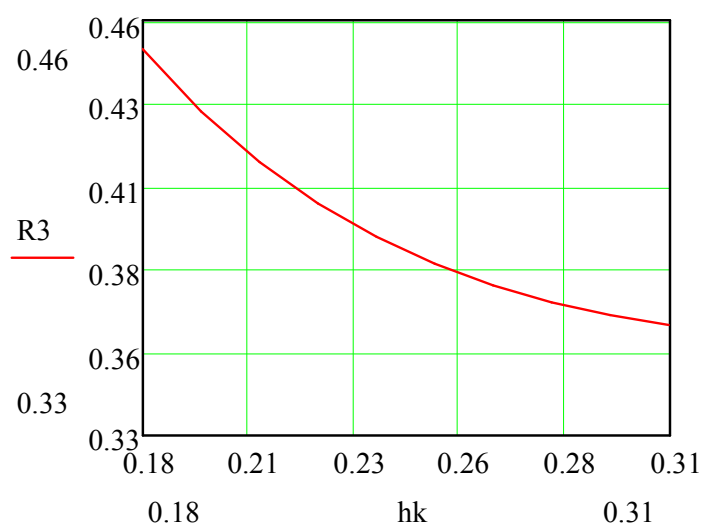


Рисунок 7 – График изменения радиуса R_3 предельно допустимого поперечного выпуклого препятствия в зависимости от изменения h_m при преодолении действующим макетом транспортного средства

Figure 7 – Graph of the change in the radius R_3 of the maximum permissible transverse convex obstacle depending on the change in h_m when overcoming the current vehicle layout

Выводы. Представленные в работе результаты сравнительного анализа действующего макета транспортного средства с другими образцами автомобилей, применяемых в сельском хозяйстве, показали, что имеющиеся в макете технические решения, позволяющие перемещать оси с двигателями в продольной и вертикальной плоскостях, а также кабину с кузовом в продольной плоскости относительно рамы значительно повышают показатели профильной проходимости при преодолении препятствий, расположенных на опорной поверхности по траектории передвижения автомобиля.

Результаты исследований при преодолении макетом выпуклых препятствий и рвов показали, что транспортное средство способно преодолевать рвы шириной до 1,88 D, а выпуклые продольные препятствия радиусом от 0,061 м, поперечные радиусом от 0,37 м с возможностью выбора как взаимного расположения осей, так и их установку относительно рамы в рамках технически заложенной в конструкцию величины.

Разработка и применение в отрасли сельского хозяйства автомобилей с техническими возможностями действующего макета транспортного средства является актуальной задачей, решение которой позволило бы повысить профильную проходимость автомобилей и эффективность работы транспорта в отрасли в целом.

Библиографический список / References

1. Евдокимова Н. Е. Исследование профильной проходимости шагающей машины // Известия ВолгГТУ. 2010. № 6 (66). С. 17-20.
2. Котович С. В. Движители специальных транспортных средств. МАДИ (ГТУ). М., 2008. Часть I. 161 с.
3. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение проходимости машинно-тракторных агрегатов на основе оптимизации способов передвижения // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: мат. нац. науч.-практич. конф. Волгоград, 2021. Том III. С. 451-457.
4. Пехутов А. С. Технологический процесс перевозок грузов в сельском хозяйстве и его показатели // Вестник КрасГАУ. 2008. Вып. 3. С. 258–264.
5. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков, С. Н. Кулик // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 123 (09).
6. Руководство по эксплуатации самосвала зерновоза модели 4590D1 на шасси КАМАЗ 43118. <https://www.yarkamp.ru/catalog/kamaz-43118-4590d1-6x6.htm>.
7. Руководство по эксплуатации самосвала КАМАЗ-55102. <https://www.autoopt.ru/auto/encyclopedia/truck/kamaz/mark/kamaz-55102>.
8. Современная техника для АПК и перспективы ее модернизации / Н. И. Верещагин, Г. Д. Кокорев, С. В. Колупаев, В. А. Шафоростов, А. С. Колотов, А. А. Уткин, С. Н. Гусаров // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120 (06).
9. Состав агропромышленного комплекса России. Состав АПК России. http://agrogold.ru/sostav_agropromyshlennogo_kompleksa.
10. Сравнительный анализ колесных, гусеничных и шагающих машин / Е. С. Брискин, В. В. Чернышев, А. В. Малолетов, Н. Г. Шаронов // Робототехника и техническая кибернетика. 2013. № 1. С. 6–14.
11. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков, А. С. Попов, К. А. Жуков // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07).
12. Черкашина Е. А., Ляшенко М. В., Валенцев М. С. Алгоритм изменения клиренса гидропневматической подвески специального транспортного средства // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. 2010. Т. 3. № 10 (70). С. 26-29.
13. Шаронов Н. Г., Кириллов А. П., Малолетов А. В. Исследование показателей профильной проходимости шагающей машины с цикловыми движителями // Известия ВолгГТУ. 2020. № 9 (244). С. 89-93.
14. Шухман С. Б., Соловьев В. И., Малкин М. А. Теоретическое исследование профильной проходимости полноприводного автомобиля // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». 2010.
15. Analysis and justification of the layout of a multipurpose machine for the development of mineral deposits / A. Z. Kassenov, K. K. Abishev, B. N. Absadykov, V. S. Yessaulkov, A. B. Bolatova // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2022. No 1 (451). P. 63-68.
16. Walking machines (elements of theory, experience of elaboration, application) / E. S. Briskin [et al.] // Emerging Trends in Mobile Robotics: proc. of the 13th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines. Nagoya Inst. of Technology, Japan, 2010. P. 769–776.

Информация об авторах

Мясников Алексей Сергеевич, преподаватель ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград» (400011, Волгоград, Университетский пр-кт, д.71.), тел. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru.

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, проспект Университетский, 26), тел. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

THEORETICAL ANALYSIS OF THE OPERATION OF A KNIFE FOR FEEDING HYDROGEL OF A MODERNIZED POTATO PLANTER WHEN APPLYING HYDROGEL IN IRRIGATED AREAS

R. A. Nepokrytyj, A. N. Tseplyaev

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

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

Received 30.09.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. We plan to modernize the existing potato planter by installing additional equipment on it, to do this, to make an additional knife with a hollow channel. The position of the knife can be changed, which allows you to adjust the depth of the hydrogel supply. In the words of Academician of the Russian Academy of Sciences I. P. Kruzhilin, "mini-reservoirs" are created in the soil due to hydrogel. Its use significantly increases the moisture supply of plants, and the greatest efficiency is achieved with local application simultaneously with the planting of potato tubers. The peculiarity of its placement is that it is fed below the bottom of planting potato tubers by 5... 10 cm. An object. The object of the study is the technological process of supplying hydrogel to a given depth using a working body installed on a modernized potato planter. **An object.** The object of the study is the technological process of supplying hydrogel to a given depth using a working body installed on a modernized potato planter. **Materials and methods.** The analytical determination of the dependence of the traction resistance when installing a knife on a potato planter section was carried out using calculations performed in the works on the theory of tillage machines edited by G. E. Listopad, G. N. Sizhabov, E. N. Bosogo, etc., The most significant factors in them are: the depth of tillage, soil friction on the working surface, and so on.-same physicist mechanical properties. **Results and conclusions.** The dependence on finding the traction resistance of a hollow knife of a modernized potato planter is obtained.

Keywords: hydrogel, irrigated agriculture, potato planter, potato tubers, knife, traction resistance, friction force, cutting resistance.

Citation. Nepokrytyj R. A., Tseplyaev A. N. Theoretical analysis of the operation of a knife for feeding hydrogel of a modernized potato planter when applying hydrogel in irrigated areas. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 580-587 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-67.

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

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

УДК 635.21:631

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ НОЖА ДЛЯ ПОДАЧИ ГИДРОГЕЛЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ ПРИ ВНЕСЕНИИ ГИДРОГЕЛЯ НА ОРОШАЕМЫХ УЧАСТКАХ

Р. А. Непокрытый¹, аспирант

А. Н. Цепляев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ведущий научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

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

Дата поступления в редакцию 30.09.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Картофель один из основных продуктов в рационе питания человека. Велико значение картофеля в животноводстве, пищевой промышленности и других отраслях народного хозяйства. Ценность картофеля заключается в том, что он содержит наиболее не-

обходимые питательные элементы, используемые потом в пищеварении. В нем в достаточно большом объеме присутствуют: крахмал, углеводы, пектиновые составляющие, железо и т.д., основным же элементом картофеля является белок, который по своей усвояемости пищеварительной системой человека превосходит показатели белков, содержащихся в других растениях. Картофель возделывается в РФ на площади 3,48 млн.га. В южном федеральном округе картофель возделывают в основном, на орошении. Существенные объемы воды (до 6000М³/га) повышают затраты на производство картофеля. Поэтому применение влагосорбирующих веществ (гидрогеля) в посадках картофеля способствуют снижению поливных норм. Нами предлагается модернизировать существующую картофелесажалку, установив на нее дополнительное оборудование, в виде ножа с полым каналом. Положение ножа может изменяться, что позволяет регулировать глубину подачи гидрогеля. По выражению академика РАН Кружилина И. П. за счет гидрогеля в почве создаются «мини-водохранилища». Его применение существенно повышает влагообеспеченность растений, а наибольшая эффективность достигается при локальном внесении одновременно с посадкой клубней картофеля. Особенность его размещения в том, что он подается ниже дна посадки клубней картофеля на 5...10 см. **Объект.** Объект исследования технологический процесс подачи гидрогеля на заданную глубину с помощью рабочего органа установленного на модернизированную картофелесажалку. **Материалы и методы.** Аналитическое определение зависимости тягового сопротивления при установке ножа на секцию картофелесажалки проводилось с использованием теоретических исследований, приведенных в работах по теории почвообрабатывающих машин под редакцией Г. Е. Листопада, Г. Н. Синеокова, Е. Н. Босого и т.д. Наиболее значимыми факторами в них отмечаются: глубина обработки почвы, ее трение о рабочую поверхность, а также физико-механические свойства почвы. **Результаты и выводы.** Получена зависимость по нахождению тягового сопротивления полого ножа модернизированной картофелесажалки с учетом глубины хода, коэффициентов трения и других факторов.

Ключевые слова: гидрогели, орошаемое земледелие, картофелесажалки, клубни картофеля, конструкции картофелесажалок, ножи картофелесажалок.

Цитирование. Непокрытый Р. А., Цепляев А. Н. Теоретический анализ работы ножа для подачи гидрогеля модернизированной картофелесажалки при внесении гидрогеля на орошаемых участках. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 580-587. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-67.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Картофель – одна из основных продовольственных культур в питании человека. Он конкурирует наравне с хлебом, а в некоторых странах, например, Белоруссии, занимает господствующее положение. В России картофель возделывается на значительных площадях, а его валовой сбор достигает 7,5 млн тонн [2, 7]. Урожайность картофеля зависит от многих факторов: сортовые особенности, почва, климатические условия, агротехника и т.д. Наиболее перспективными считаются сорта Невский, Луговской, Жуковский, Гулливер. Они имеют высокую урожайность от 40 до 45 т с гектара, хорошие вкусовые качества, характеризующиеся содержанием крахмала до 12 %.

В последнее время для получения хороших урожаев картофеля используют гибриды Белла Роса, Галла, и др. Что касается почв, то картофель к ним весьма требователен, так как наилучшие его показатели достигаются на легких, высокогумусных почвах, с хорошей структурой и большим содержанием питательных веществ. При их недостатке урожайность картофеля резко снижается, вкусовые качества ухудшаются, что влияет на ценность получаемой продукции. Запасы питательных веществ в почве увеличивают за счет внесения органических и минеральных удобрений. Наиболее предпо-

читательными при возделывании картофеля, являются органические удобрения (перегной от КРС), торф и другие подобные субстанции [12, 14]. Органические удобрения имеют долговременное действие, а их эффективное использование растениями начинается по прошествии определенного времени (не менее года, а иногда до трех лет). Минеральные удобрения больше востребованы, их чаще всего применяют для пополнения питательной среды почвы и обеспечения самих растений элементами питания при получении гарантированных урожаев с соответствующими показателями качества.

Однако получение урожая на картофельных полях напрямую связано с их обеспечением водой. Картофель весьма требователен к влаге и на один гектар его производства приходится не менее 4500 до 6000 м³ воды [5, 7, 15].

Следует учитывать, что эффективность использования воды при обычной технологии возделывания не превышает 70%, так как часть ее испаряется, если при орошении применяют дождевание, а существенное количество уходит в более глубокие слои почвы, вызывая ее засоление [3, 4, 11].

Кроме этого, необходимо обратить внимание на факт бесконтрольного расходования водных ресурсов, особенно в условиях глобального изменения климата в сторону повышения температур и участившихся засух [10]. Поэтому нами предлагается способ выращивания картофеля с использованием сорбирующих сополимеров. Одним из них может быть искусственный сополимер, способный накапливать влагу, расширяясь в объеме, а затем, при ее снижении в почве, передавать влагу корням растений.

О возможном использовании гидрогеля при возделывании сельскохозяйственных культур отмечается в публикациях различных исследователей [5, 11-13]. При этом, в исследованиях гидрогеля отмечается не только его роль как сорбента, но и продукта, способного улучшать структуру почвы за счет колебаний объема в больших пределах при насыщении влагой с последующей ее передачей растениям [2,3,5]. Однако серьезным аргументом против применения гидрогеля на больших площадях может быть отсутствие специальных машин для его внесения. Особенность корневой системы растений в том, что она развивается в нижние слои почвы, следовательно, для более эффективного использования гидрогеля, он должен вноситься ниже дна посадочной борозды при заделе клубней картофеля [2, 6, 7]. Учитывая эту особенность существующей типовой картофелесажалки, конструкция ее сошника изменена и представлена на схеме рисунок 1.

Целью нашей работы является теоретическое нахождение суммарного сопротивления ножа, разработанной картофелесажалки для внесения гидрогеля в орошаемом земледелии.

Модифицированный сошник картофелесажалки состоит из: полого ножа 1; наральника 2; корпуса сошника 3; шарнира 4; дна сошника 5; двуплечих рычагов 6; ротора 7; бороздозакрывателя 8.

Работает машина следующим образом. Полый нож 1, секции устанавливают на заданную глубину, после чего заполняют бункер для клубней картофеля и бункер для гидрогеля и начинают движение по полю. Вычерпывающий аппарат подает клубни картофеля на ротор 7, находящийся в корпусе сошника 3, далее лопастями ротора 7 клубни направляются в бороздку, образованную наральником 2 сошника. Лопастями ротора воздействуют на двуплечие рычаги 6, включающие электрическую систему управления активным сбрасывателем. При повороте сбрасывателя гидрогель подается в канал полого ножа 1, а далее в отдельную бороздку ниже клубня картофеля. Бороздозакрыватель 8 заделывает бороздку с клубнем картофеля и гидрогелем.

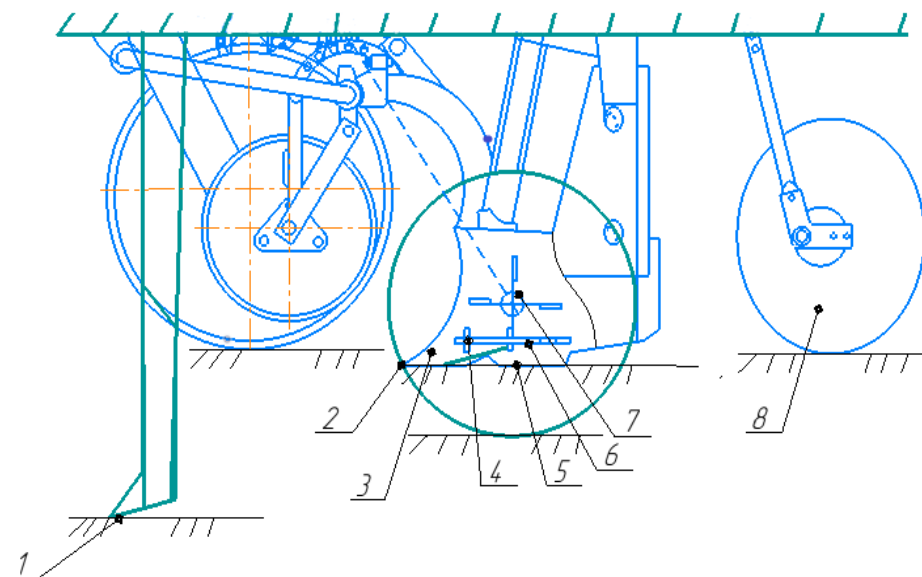


Рисунок 1 – Схема сошниковой группы картофелесажалки:

1 - полый нож, 2 - наральник, 3 - корпус сошника, 4 - шарнир, 5 - дно сошника, 6 - двуплечие рычаги, 7 - ротор, 8 - бороздозакрыватель

Figure 1 – Diagram of the coulter group of the potato planter

1-hollow knife, 2-head, 3-body of the coulter, 4-hinge, 5-bottom of the coulter, 6-double-arm levers, 7-rotor, 8-furrowers

Исходя из лабораторных опытов гидрогель нужно вносить на 5-10 см глубже дна борозды. Такое внесение обеспечивает более эффективное развитие клубней картофеля, способствует наилучшему сохранению влаги в субстанции гидрогеля. Следовательно, увеличение глубины хода ножа для подачи гидрогеля приведет к возрастанию сопротивления ножа.

Теоретическое определение сопротивления рассмотрим исходя из сил, действующих на нож [1, 4].

Воспользуемся схемой ножа и приложим все силы, действующие на него.

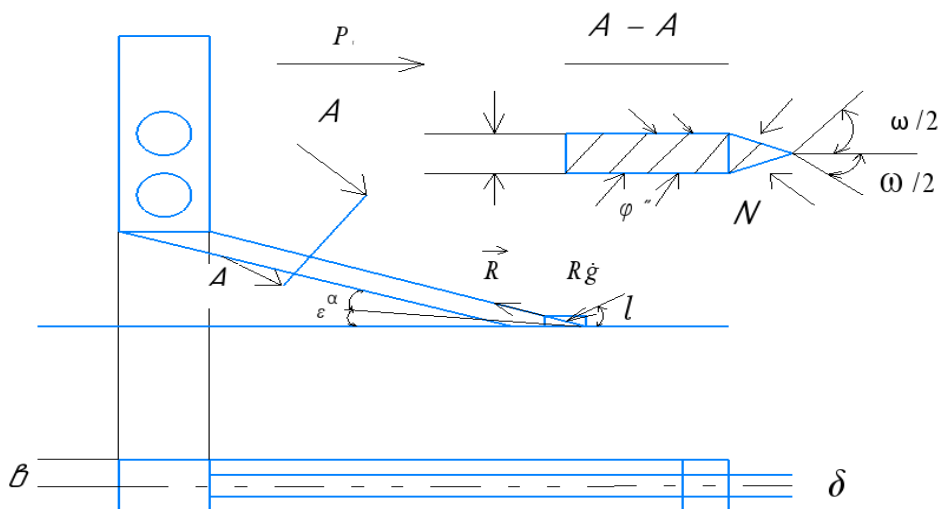


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на нож, для подачи гидрогеля в почву

Figure 2–Diagram of the forces acting on the knife to feed the hydrogel into the soil

Общее сопротивление рабочего органа будет представлено уравнением:

$$R_{\Sigma} = R_{gr} + R_{\text{л}} + R_{\tau}^{\text{'}} + R_{\tau}^{\text{''}} + R_p, \quad (1)$$

где R_{Σ} – суммарное сопротивление, возникающее при работе ножа, кН; R_{gr} – горизонтальная составляющая долота ножа, зависящая от типа почвы и влажности, кН; $R_{\text{л}}$ – лобовое сопротивление лезвию ножа, кН; $R_{\tau}^{\text{'}}$ – касательная составляющая сопротивления лезвию ножа, кН; $R_{\tau}^{\text{'}}$ – касательная составляющая ножевой полосы, кН; R_p – сопротивление в почве при работе ножа, за счет перерезания растительных остатков, кН.

Рассмотрим каждую из сил, представленных в уравнении (1), и выразим их. Сила, действующая на долото, будет направлена под углом, соответственно ее составляющая R_{gr} определится:

$$R_{gr} = R_g * \cos(\alpha + \varepsilon), \quad (2)$$

ε – затылочный угол долота ($\varepsilon = 0 \dots 3^\circ$), α – угол наклона долота, поэтому для практических расчетов принимаем:

$$R_{gr} = R_g * \cos \alpha, \quad (3)$$

Сила сопротивления долота может быть найдена по формуле:

$$R_{gr} = \frac{a_n * b * \mu}{g} * v^2 [\sin \alpha * \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_t) - 2 \sin^2 \alpha | 2], \quad (4)$$

где $a_n v \frac{\mu}{g} = \frac{d_m}{dt}$ – масса почвы, проходящая через долото в единицу времени, кг/с; μ – объемный вес почвы, н/м³; φ_t – угол трения почвы о лезвие долота; v – поступательная скорость перемещения долота, м/с.

Сопротивление $R_{\text{л}}$ находится по известной формуле:

$$R_{\text{л}} = (a_n * \delta C_{\text{уд}} * q_v * V_g)^{1/2} * 10^{-2}, \quad (5)$$

где a_n – глубина хода ножа, м; $C_{\text{уд}}$ – удельное сопротивление от работы лезвия ножа, н/м²; q_v – объемное сопротивление от деформации почвы ножом, н/м³; V_g – объем деформированной почвы от действия лезвия ножа, м³; δ – толщина ножа, м.

Судя по методике расчета деформируемого участка почвы при ее взаимодействии с рабочими органами, это будет трапеция [1, 4].

$$S_{\text{тр}} = \frac{(\delta + \frac{2b}{\omega}) \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}{2} * a_n * \operatorname{tg} \varphi_t, \quad (6)$$

где ω – угол внутреннего трения почвы о почву; φ_t – угол трения почвы о рабочий орган; b – толщина ножевой полосы, м.

Тогда объем будет равен:

$$V_g = S_{\text{тр}} * a_n = \frac{\delta (\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} + 2b)}{\operatorname{tg} \frac{\omega}{2}} * a_n^2 \operatorname{tg} \varphi_t, \quad (7)$$

Тогда сопротивление лезвия будет равно

$$R_{\text{л}} = [a_n^3 \frac{\delta \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} + 2b}{\operatorname{tg} \frac{\omega}{2}} * \delta C_{\text{уд}} * q_v \operatorname{tg} \varphi_t]^{1/2} * 10^{-2}. \quad (8)$$

В конструкции рабочего органа лезвие ножа крепится непосредственно к патрубку подачи гидрогеля, а его ширина равна ширине основания лезвия, отсюда примем условия, что сопротивление основания ножевой полосы о почву будет отсутствовать (т.к. почва будет разрыхлена лезвием ножа), то затраты энергии будут направлены на преодоление силы трения, которая будет определена по формуле Кузнецова А. И.:

$$F_T = N * f_T + S_n * v, \quad (9)$$

где S_n – площадь поверхности трения (ножевой полосы), v – удельное усилие на трение, н/м².

Кроме того, посадка картофеля выполняется в весенний период в заранее подготовленную почву, то есть растительные остатки удалены из почвы, следовательно, $R=0$.

Соответственно, следует определить F_T .

$$F_T = a_n * \beta_y * k_f * d_{np} * k_f, \quad (10)$$

При посадке картофеля влажность почвы колеблется от 17% до 20% , K_w – 1,0 однако при повышении влажности до 27%, K_w – 1,3...1,4.

d – приведенный диаметр ножа, м;

$d = \sqrt{0,5 * h * \delta}$, где h – высота треугольника в сечении ножа, м;

k_f – коэффициент трения, зависящий от глубины, $k_f = \frac{F_t}{F_t}$, где $F_t = f_t * N * \beta * S_a$;

β_y – удельное трение, н/м²;

S_a – площадь трения, м².

Общее сопротивление:

$$R_{\Sigma} = \frac{a_n b_n}{g} * v^2 (\sin a * \operatorname{tg}(a + f_t) - 2\lambda h^2 \frac{a}{2}) + \left[a_n^3 * \frac{\delta * t g \frac{\omega}{2} + 2b}{t g \frac{\omega}{2}} * \delta C_{уд} * q_v t g y_t \right]^{1/2} * 10^{-2} + a_n * d_{up} * \\ * k_f \beta_y k_w + (N * f_T + 2S_n * V) = a_n \left\{ \frac{b_n}{g} [v^2 (\sin a * \operatorname{tg}(a + f_t) - 2\lambda h^2 \frac{a}{2})] + \left[a_n^2 * \frac{\delta * t g \frac{\omega}{2} + 2b}{t g \frac{\omega}{2}} * \delta C_{уд} * \right. \right. \\ \left. \left. * q_v t g y_t \right]^{1/2} + d_{up} * k_f \beta_y k_w + (N * f_T + 2S_n * V) \right\} \quad (11)$$

Полученное выражение (11) достаточно сложно решить аналитическим путем, в нем учитываются различные вводные коэффициенты и при подстановке экспериментальных данных можно получить, в приемлемом для практических расчетов варианте значение общего сопротивления ножа при работе картофелесажалки.

Выводы. Для сохранения водных ресурсов в условиях орошения для выращивания сельскохозяйственных культур применяют различные приемы. Одним из них может быть использование гидросорбентов, например, гидрогеля. Он способен накапливать влагу при ее избытке (при поливе), а затем подпитывать растения. Опыты проводились на опытном поле ВНИИОЗ, изучалось использование гидрогеля при посадке картофеля. Для внесения гидрогеля была сконструирована картофелесажалка, оборудованная специальным ножом с полым внутри каналом. Поскольку нож создает дополнительное сопротивление, то в статье представлена методика и теоретический расчет суммарного сопротивления ножа. Судя по выражению 11, оно зависит от глубины работы ножа, удельных величин сопротивления объема деформированной почвы, а также параметров самого ножа. Существенное влияние на сопротивление оказывает трение элементов ножа о почву.

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. Влияние водных абсорбентов на урожайность картофеля / О. А. Старовойтова, В. В. Воронов, В. И. Старовойтов, Г. С. Воронова // Сборник материалов XIV Международного экологического форума «День Балтийского моря». СПб.: «Человек», 2013. С. 56–58.
3. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н., Гундырин В. Н. Использование гидрогеля и влагообеспеченность культур в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя // Земледелие. 2014. № 6. С. 37-38.
4. Наумов П. В., Щербакова Л. Ф., Околелова А. А. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей // Изв. Нижневолж. агроунивер. компл. 2011. № 4. С. 1–5.
5. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-2. С. 59-65.
6. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Техника и технологии АПК. 2015. № 1. С. 15-18.
7. Технология возделывания картофеля с использованием влагосберегающих полимеров / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, Ю. П. Бойко, Е. Я. Молчанова, А. А. Манохина. М.: ФГБНУВНИИКХ, 2014. 27 с.
8. Тибирьков А. П., Филин В. И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья // Изв. Нижневолж. агроунивер. комплекса. 2013. № 4. С. 1–5.
9. Тимошенко В. В., Цепляев А. Н. Эффективность использования сошника для посева и внесения гидрогеля и жидких удобрений // Стратегические инновационного развития АПК в современных экономических условиях. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. Т. 2. 400 с.
10. Тимошенко В. В. Перспективы использования влагоудерживающих сополимеров при возделывании сельскохозяйственных культур в засушливых зонах // Материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2014. Часть I. 448 с.
11. 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 нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 380-389.
12. Цепляев А. Н., Тимошенко В. В. Сохранение плодородия почвы при использовании различных способов механизированного внесения тукообогащенного гидрогеля // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1. С. 195-201.
13. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. Krasia Christoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. 104048.
14. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies / S. S. Rathore, K. Shekhawat, A. Class, O. P. Premi, B. S. Rathore, V. K. Singh // Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). P. 531-541.
15. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). P 3107-3112.

Информация об авторах

Непокрытый Роман Александрович, аспирант кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: nepokrytiyroman@yandex.ru..

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела мелиоративных технологий ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: can_volgau@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-68

PROCEDURE FOR ANALYSIS AND MEASURES FOR THE INTRODUCTION OF CENTRIFUGAL PUMP EQUIPMENT IN OPTIMAL OPERATING MODE

V.B. Panov, D.S. Tsyplenkov, V.N. Shiryayev, S.A. Tarasyants

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian
University"*

Received 09.10.2022

Submitted 02.12.2022

Summary

The article considers the procedure for analysis and measures for the introduction of pumping equipment in optimum operating mode for energy saving when the pumping and power equipment of pumping stations operates in the maximum efficiency mode.

Abstract

Introduction. Currently, all industrial organizations of the Russian Federation that have energy-saturated pumping stations keep a continuous record of each kWh of electricity consumed. In this regard, the operation of pumping units with maximum efficiency significantly affects the savings in working capital of enterprises. The most modern way to select the hydraulic parameters of pumping stations is an inverter one, which involves changing the speed of drive motors with voltages up to 500 V and prices from 264,000 rubles with a power of up to 110 kW, with a further increase in power, the price is negotiable and exceeds millions of rubles. Other control methods - cutting the impeller diameter, throttling, parallel and series connection of units, are practically not used, outdated, without the possibility of optimal power consumption at maximum efficiency. **Object.** Pumping stations equipped with single-wheel centrifugal pumps with a head of up to 120 meters and multi-wheel pumps, if necessary, to increase the pressure to 500 meters and more. **Materials and methods.** Based on the initial data of the operated pumping station, the hydraulic and energy parameters of the hydromechanical equipment are considered, the need is justified and the measures are analyzed to adjust the layout of the pipeline network and pumping units to enter the equipment into the optimal mode with maximum efficiency. **Results and Conclusions.** It is proposed, based on the actual parameters taken from the indications of instrumentation, by the information processing center, to assign measures for calculating the required hydraulic values of the suction and pressure lines of hydraulic equipment and measures to restore the optimal operating mode of the entire pumping station.

Key words: *pumping stations, centrifugal pump, axial pump, negative suction lift, efficiency.*

Citation. Panov V. B., Tsyplenkov D. S., Shiryayev V. N., Tarasyants S. A. Procedure for analysis and measures for the introduction of centrifugal pump equipment In optimal operating mode. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2022. 4(68). 587-596 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-68.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in execution and 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 62-97/-98

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВВЕДЕНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОПТИМАЛЬНЫЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

В. Б. Панов, аспирант

Д. С. Цыпленков, аспирант

В. Н. Ширяев, кандидат технических наук

С. А. Тарасьянц, доктор технических наук, профессор

*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»*

Дата поступления в редакцию 09.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. В настоящее время все промышленные организации Российской Федерации, имеющие энергонасыщенные насосные станции, ведут непрерывный учет каждого кВт часа израсходованной электроэнергии. В связи с этим работа насосных агрегатов с максимальным КПД существенно сказывается на экономии оборотных средств предприятий. Наиболее современным способом подбора гидравлических параметров насосных станций является инверторный, предусматривающий изменение частоты вращения приводных двигателей с напряжением до 500 В и ценами от 264000 рублей при мощности до 110 кВт, при дальнейшем увеличении мощности цена договорная и превышает миллионы рублей. Другие способы регулирования – обрезка диаметра рабочего колеса, дросселирование, параллельное и последовательное соединение агрегатов, практически не применяются, устаревшие, без возможности оптимального расхода электроэнергии при максимальном коэффициенте полезного действия (КПД). **Объект.** Насосные станции, оборудованные одноколесными центробежными насосами с напором до 120 метров и многоколесными при необходимости увеличения напора до 500 метров и выше. **Материалы и методы.** По исходным данным эксплуатируемой насосной станции рассматриваются гидравлические и энергетические параметры гидромеханического оборудования, проводится обоснование необходимости и анализ мероприятий по корректировке схемы расположения трубопроводной сети и насосно-силовых агрегатов для ввода оборудования в оптимальный режим с максимальным КПД. **Результаты и выводы.** Предлагается по фактическим параметрам, принятым по показаниям контрольно-измерительных приборов, центром обработки информации, назначить мероприятия по расчетам необходимых гидравлических величин всасывающих и напорных линий гидравлического оборудования и мероприятия по восстановлению оптимального эксплуатационного режима всей насосной станции.

Ключевые слова: насосные станции, центробежные насосы, осевые насосы, отрицательная высота всасывания, КПД.

Цитирование. Панов В. Б., Цыпленков Д. С., Ширяев В. Н., Тарасьянц С. А. Порядок проведения анализа и мероприятия по введению центробежного насосного оборудования в оптимальный эксплуатационный режим. *Известия НВ АУК.* 2022. 4(68). 587-596. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-68.

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. Переход РФ на рыночную экономику привел практически все промышленные организации РФ с имеющимся гидромеханическим оборудованием к необходимости учета каждого кВт часа израсходованной электроэнергии. Непосред-

ственное отношение к данному вопросу имеют энергонасыщенные насосные станции водоснабжения, мелиорации, ГРЭС и АЭС. Только по Северо-Кавказскому региону установленная мощность одних мелиоративных насосных станций составляет 538627 кВт. При проектировании, используя существующие нормы, проектными организациями принимается максимально расчетный напор [6, 8], между тем до 50% эксплуатируемого периода гидромеханическое оборудование работает с напором ниже максимального, в связи с изменившимися условиями водозабора и места установки потребителя. Наиболее современным способом подбора гидравлических параметров насосных станций является инверторный [4], предусматривающий изменение частоты вращения приводных двигателей с напряжением до 500 В и ценами от 264000р при мощности до 110кВт, при дальнейшем увеличении мощности цена превышает миллионы рублей. Кроме того, преобразователи частоты вращения приводных двигателей импортные, устанавливающие так же максимальный напор сети при изменении мест потребителя независимо от гидравлической возможности сети и не учитывают влияние параметров всасывающих линий, непрерывно меняющихся в процессе эксплуатации и оказывающих не менее важное значение на энергопотребление. Другие способы регулирования [5] – обрезка диаметра рабочего колеса, дросселирование, параллельное и последовательное соединение агрегатов, практически не применяются, устаревшие, без возможности оптимального расхода электроэнергии при максимальном КПД.

Материалы и методы. По исходным данным эксплуатируемой насосной станции рассматриваются гидравлические и энергетические параметры гидромеханического оборудования, проводится обоснование необходимости и анализ, предлагаются мероприятия по корректировке схемы трубопроводной сети для ввода элементов оборудования в оптимальный режим с максимальным КПД, проводится экономический расчет.

Настоящий анализ предлагается для насосных станций, оборудованных одноколесными центробежными насосами с напором до 120 метров и многоколесными, при необходимости увеличения напора до 500 метров и выше (рис.1 а). Отрицательная высота всасывания и избыточное давление на входе (рис.1 б, в) в данном случае не рассматриваются, так как по данным схемам отсутствует необходимость в предварительном заполнении всасывающих трубопроводов и корпуса насоса перед пуском. Кроме того, при отрицательной высоте всасывания практически отсутствуют кавитационные эксплуатационные режимы [9] и влияние всасывающих линий на изменяющиеся эксплуатационные параметры.

Для проведения анализа приводится обоснование необходимости поддержания насосных агрегатов в режиме максимального КПД [11].

Известно, что полезная мощность насоса определяется по зависимости:

$$N_{\text{п}} = 9,8QH_1 \quad (Q\text{-подача, м}^3/\text{сек, } H\text{-напор, м. } N_{\text{п}}\text{-кВт}).$$

В качестве примера, для анализа необходимости введения центробежных насосов в оптимальный режим, рассматривается напорно-расходная характеристика насоса Д1600-90 с диаметром рабочего колеса $D_{\text{р.к}}=540\text{мм}$ и частотой вращения $n=1450\text{мин}^{-1}$ (рисунок 2).

По характеристике видно, что напор, подача, полезная мощность $N_{\text{п}}$, допустимая вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вак доп}}$ и КПД находятся во взаимозависимости. Все значения определяются по принятой подаче. Пример расчета зависимости изменения КПД от потребляемой полезной и затраченной мощности приведен в таблицах 1, 2.

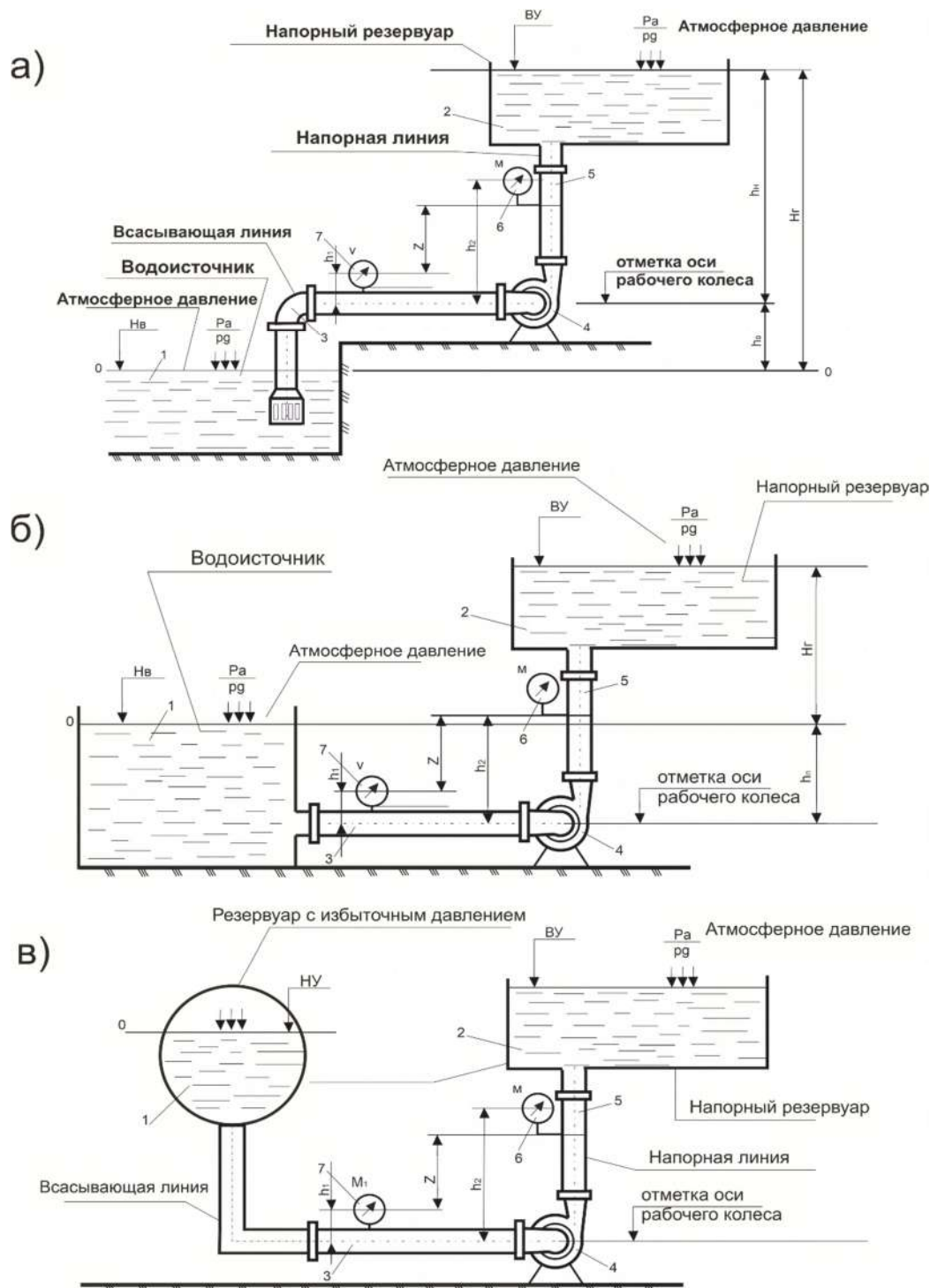


Рисунок 1 – Схема расположения всасывающих и напорных линий насосных станций:

а – высота всасывания положительная; б – высота всасывания отрицательная;
в – избыточное давление; 1 – источник; 2 – водоприемник; 3 – всасывающая линия;
4 – насосный агрегат; 5 – напорная линия; 6 – манометр; 7 – вакуумметр

Figure 1 – Layout of suction and pressure lines of pumping stations:

а – suction height is positive; б – suction height is negative;
в – overpressure; 1 – source; 2 – water intake; 3 – suction line;
4 – pumping unit; 5 – pressure line; 6 – pressure gauge; 7 – vacuum gauge

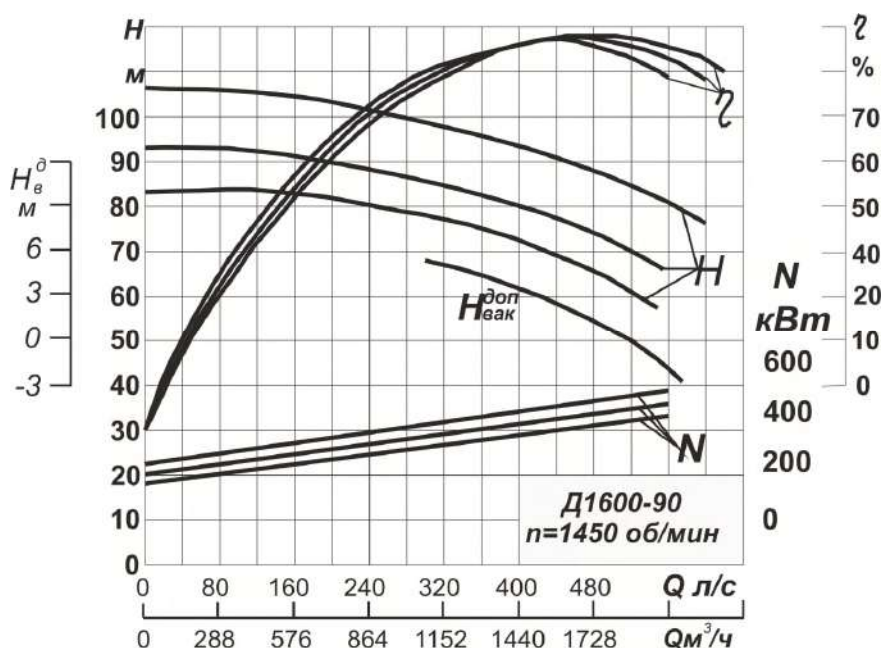


Рисунок 2 - Напорно-расходная характеристика центробежного насоса Д1600-90 ($D_{p.k}=540\text{мм}$, $n=1450\text{мин}^{-1}$)

Figure 2 - Pressure and flow characteristics of the centrifugal pump D1600-90 ($D_{p.k}=540\text{ mm}$, $n=1450\text{ min}^{-1}$)

Таблица 1 – Зависимость полезной и затраченной мощности насоса Д1600-90 от гидравлических параметров сети

Table 1 – Dependence of the useful and expended power of the D1600-90 pump on the hydraulic parameters of the network

$H_{\text{доп.вак}}, \text{м}$	Подача $Q, \text{м}^3/\text{с} / \text{м}^3/\text{ч}$	Напор $H, \text{м}$	КПД $\eta_{\text{нас}}, \%$	Полезная мощность насоса, $\text{кВт } N_{\text{п}} = 9,8$ QH	Затраченная мощность насоса, кВт $N_3 = \frac{9,8 QH}{\eta_{\text{нас}}}$	Разность затраченной N_3 и полез- ной $N_{\text{п}}$ мощности	Общее увели- чение затрат	Увели- чение затрат на 1% КПД
-	288/0,08	107,0	33,0	83,88	254,2	170,32	113,9	2,07
-	576/0,16	106,0	52,0	166,2	319,6	153,4	97,0	1,76
-	864/0,24	100,0	70,0	235,2	335,16	99,96	43,5	0,79
4,50	1152/0,32	98,0	80,0	307,32	384,16	76,84	20,14	0,36
3,0	1440/0,40	94,0	84,0	368,48	438,66	70,18	13,78	0,25
1,0	1728/0,48	88,0	88,0	413,95	470,4	56,40	0	0
-3,0	2016/0,56	88,0	89,0	482,9	542,6	59,73	-3,33	-0,06

Анализ таблиц 1, 2 показывает, что общая величина годовой перерасходованной эл. энергии одного насосного агрегата D6300-90 составляет от 997 764 кВт, (при КПД 33 %) до нулевого значения при КПД 88 %, что в денежном выражении при стоимости 1кВт.час 5 руб. колеблется от 4 988 820 руб. до нулевого значения, или в перерасчете на 1 % уменьшения КПД от 90 705 руб. до нуля.

Расчет общего количества перерасходованной эл. энергии эксплуатируемых насосных станций на 1 % падения КПД, в данной работе, не проводится, но совершенно очевидно, что колебания между полезной мощностью и затраченной вследствие несоблюдения эксплуатационного режима в оптимальном КПД, могут составить миллиарды кВт. Как для ЮФО, так и в целом по РФ.

Таблица 2 – Годовая стоимость перерасходованной электроэнергии при эксплуатации одного насосного агрегата Д1600-90 в количестве 8760 час. в зависимости от уменьшения КПД

Table 2 – The annual cost of overspent electricity during the operation of one pumping unit D1600-90 in the amount of 8760 hours, depending on the reduction in efficiency

КПД %	Увеличение затрат кВт. (см. таблицу 1)	Годовое увеличение эксплуатационных затрат, кВт.	Общая годовая стои- мость перерасходован- ной эл.энергии, руб. (при цене 5 руб/кВт)	Стоимость перерасходо- ванной эл.энергии на 1% уменьшения КПД, руб. (при цене 5 руб/кВт)
33	113,9	$113,9 \cdot 8760 = 997764$	4988820	$4988820 / 55 = 90705$
52	97,0	$97,0 \cdot 8760 = 849720$	4248600	$4248600 / 55 = 77247$
70	43,5	$43,5 \cdot 8760 = 381060$	1905300	$1905300 / 55 = 346418$
80	20,14	$20,14 \cdot 8760 = 176426$	882132	$882132 / 55 = 16038$
33	113,9	$113,9 \cdot 8760 = 997764$	4988820	$4988820 / 55 = 90705$
52	97,0	$97,0 \cdot 8760 = 849720$	4248600	$4248600 / 55 = 77247$
70	43,5	$43,5 \cdot 8760 = 381060$	1905300	$1905300 / 55 = 346418$

Особое внимание при анализе необходимости использования насосных агрегатов в режиме максимального КПД, обращается обратить на допустимую вакуумметрическую высоту всасывания $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$, указывающую на возможную необходимую разность отметок оси насоса и минимального горизонта водоисточника (докавитационный эксплуатационный режим [10]). В случае уменьшения напора насоса с одновременным увеличением подачи, как указывалось выше, наблюдается падение КПД и $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$. Падение КПД отражается перерасходом электроэнергии, при падении $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$ возможно резкое повышение износа корпуса и рабочего колеса, изменение ритмичности и полная остановка насосных агрегатов. При анализе следует иметь в виду, что наибольшее влияние на значение $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$ оказывает увеличение скорости потока во всасывающем трубопроводе принимаемой при проектировании в пределах 1-1,2 м/с [1]. Гидравлические параметры напорной линии так же оказывают существенное влияние на КПД гидромеханического оборудования [2] в связи с постоянно изменяющейся подачей и напором вследствие изменения местоположения потребителя.

Обсуждение. Пример обработки данных, оказывающих существенное влияние на эксплуатационный режим насосной станции, и возможных вариантов принятия решений показаны в таблице 3.

При принятии решений по вводу оборудования и сети в оптимальный режим предлагается использовать следующие исходные данные:

1. Назначение насосной станции и схема установки оборудования в сети;
2. Год пуска в эксплуатацию насосных агрегатов;
3. Вид водоисточника (река, водохранилище), водовыпуска (канал, дождевальная техника);
4. Внутренний диаметр и длины всех всасывающих и напорных трубопроводов (D_v, D_n, L_v, L_n);
5. Заводская характеристика насоса, напорно-расходная $H-Q$, $KPD=f(Q)$, зависимость мощности от расхода $N=f(Q)$, зависимость кавитационного запаса от расхода $\Delta h = f(Q)$ частота вращения, тип двигателя; мощность и частота вращения;
6. Фактическая подача (по расходомеру) и давление (по манометру);
7. Показания основных и дополнительных манометров по схеме; (в случае наличия);
8. Гидрологическая характеристика водоисточника (отметки водоисточника, привязанные к оси насоса min, max.);

9. Геометрическая высота всасывания относительно горизонта водоисточника (разность отметок оси насоса и горизонта водоисточника, min, max);
10. Отметки потребителей относительно оси насоса (водоисточника);
11. Показания амперметра при максимальной подаче и всех эксплуатационных вариантах;
12. Тип и конструкция рыбозаградительного устройства;
13. Схема с размерами приёмной камеры; (для осевых);
14. Плотность всасываемого потока ρ_0 (для водоисточников с увеличенной скоростью, горные реки и т.д.);
15. Скорость потока в водоисточнике (в месте всасывания);
16. Ранее проведенные ремонтные работы; на всасывающих и напорных линиях с указанием вновь установленных диаметров трубопроводов, типа двигателя и его параметров;
17. Схема с размерами входной камеры.

Таблица 3 – Параметры, возможные отклонения от оптимальных, расчетные значения и мероприятия по реализации поставленной цели (насосные станции, оборудованные центробежными насосами)

Table 3 – Parameters, possible deviations from optimal, calculated values and measures to achieve the goal (pumping stations equipped with centrifugal pumps)

№	Параметры, влияющие на снижение КПД	Какие гидравлические параметры рассчитываются:	Мероприятия по реализации цели
1	2	3	4
Всасывающая линия			
1	Нарушение герметичности всасывающих линий	Фактическое изменение кавитационного запаса Δh , величина падения напора, подачи, мощности.	При отсутствии возможности визуального определения, необходимо использование вакуумного насоса для определения места нарушения герметичности
2	Заиливание места входа потока и всего трубопровода, увеличение скорости потока и потерь напора	-Скорость потока в трубопроводе: $V_v = Q_{cp} / 0,785 D_v^2$ $(Q_{cp} \text{ — величина средней подачи насоса})$ -Коэффициент гидравлического сопротивления λ во всасывающем трубопроводе: $\lambda = \frac{h_{wB} * D_B * 2g}{L_B V_B^2}$ $h_w \text{ — потери напора}$ $h_w = B - H_g$ $(B \text{ — показания вакуумметра})$ $H_g \text{ — геометрическая величина всасывания}$ -Величина изменения кавитационного запаса Δh	Напорно-вакуумная очистка с использованием энергии параллельно расположенных насосных агрегатов. Изменение условий входа потока в трубопровод.  Схема напорно-вакуумной очистки всасывающих трубопроводов (Патент №160830)

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
3	Изменение гидрологической характеристики, понижение в водоисточнике уровня, колебание отметок нарушающих оптимальную эксплуатацию, необходимый кавитационный запас,	-Величина изменения кавитационного запаса Δh (по характеристике) -Скорость потока в трубопроводе V_v , фактическая подача, Q_{ϕ} -Параметры линии рециркуляции струйного аппарата повышения высоты всасывания и кавитационного запаса, использование передвижной насосной станции, СНП (в случае необходимости)	Монтаж линии рециркуляции и струйного аппарата во всасывающем трубопроводе, установка передвижной насосной станции (СНП) на станциях 1-ой категории [7] 
4	Износ рабочего колеса вследствие кавитационных явлений	Фактическая подача Q_{ϕ} , кавитационный запас Δh , скорость потока V_v , скоростной напор $V_v^2/2g$	Увеличение частоты вращения (при наличии инверторного способа) параллельное включение пары агрегатов, увеличение энергии линией рециркуляции и струйным аппаратом, замена колеса.
5	Увеличение потребляемого тока и перегрев приводных двигателей	Напор H_{ϕ} подачи Q_{ϕ} , потребляемая мощность, скорость потока во всех всасывающих и напорных трубопроводах V_v	Уменьшение подачи и увеличение напора в напорных магистральных трубопроводах. Вывод потребляемого тока двигателями в оптимальный режим дросселирования и подачи избыточной энергии к струйному аппарату [3] во всасывающую линию для увеличения высоты всасывания $H_{\text{доп}}^{\text{вак}}$ и кавитационного запаса Δh
Напорная линия			
1	Полная гидравлическая потенциальная $P/g\rho_0$ и кинетическая энергия в напорной и всасывающей линии $\frac{V_H^2}{2g}, \frac{V_B^2}{2g}$	Фактическая, потенциальная, кинетическая и полная энергия в распределительных и магистральных трубопроводах	Подбор фактически необходимых параметров напора H_{ϕ} , подачи Q_{ϕ} , потребляемой энергии в зависимости от схемы включения агрегатов и местоположения потребителей. Подачи избыточной энергии во всасывающий трубопровод.
2	Увеличенная потребляемая фактическая электроэнергия $\Delta \phi$ при различных эксплуатационных вариантах и изменениях местоположения потребителя.	-Фактическая мощность агрегатов N_{ϕ} ; -Факторы, влияющие на КПД: фактический напор H_{ϕ} подачи Q_{ϕ} , кавитационный запас Δh ; скорость потока в распределительных и магистральных трубопроводах- $V_{\text{мх}}$; потери напора h_w ; -геометрическая высота подъема H_r .-Разность отметок водоисточника и водовыпуска	-Подбор параметров напора H_{ϕ} , подачи Q_{ϕ} ; -Увеличение кавитационного запаса Δh методом установки струйного аппарата во всасывающем трубопроводе с линией рециркуляции, установка передвижной насосной станции (СНП) для упрощения пуска вследствие аварийных ситуаций, отключение эл. энергии

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
3	Остаточная энергия при изменении местоположения потребителя (остаточный напор, превышение подачи)	-Гидравлические параметры оборудования и сети в различных точках местонахождения потребителей напора H_i , подачи Q_i ; мощности N_i , кавитационного запаса Δh_i -Остаточные значения гидравлических параметров; -изменение всасывающей энергии по результатам подачи остаточных величин; - изменение напора агрегатов вследствие увеличения энергии на всасывающих линиях.	-Монтаж линии рециркуляции; -Монтаж струйного аппарата на всасывающей линии; -Подача остаточной энергии по линии рециркуляции к струйному аппарату; -Увеличение гидравлической энергии на всасывающей линии; -Фактическое уменьшение напора насоса.

Выводы. Исходя из вышеизложенного для введения в оптимальный эксплуатационный режим центробежного насосного оборудования предлагается по фактическим параметрам, принятым по показаниям контрольно-измерительных приборов, назначить мероприятия по расчетам необходимых гидравлических величин всасывающих и напорных линий гидромеханического оборудования и установить план мероприятий по восстановлению оптимального эксплуатационного режима всей насосной станции.

Библиографический список

1. Акименко А. В., Аникеев Е. А., Воронин В. В. Методика и алгоритм расчета и подбора насосных агрегатов для хранилищ жидких продуктов // Моделирование систем и процессов. 2022. Т. 15. № 1. С. 7-13.
2. Байков И. Р., Трофимов А. Ю., Зиятдинов Р. Р. Повышение энергетической эффективности насосных агрегатов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. № 4 (114). С. 53-59.
3. Барабаш В. М., Абиев Р. Ш., Кулов Н. Н. Обзор работ по теории и практике перемешивания // Теоретические основы химической технологии. 2018. Т. 52. № 4. С. 367-383.
4. Головкова Ю. С., Иванов А. М., Сероченкова Е. А. Подбор и расчет насосов, используемых в водоснабжении // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 9. С. 65-70.
5. Лысова О. А., Фрайштетер В. П., Смирнов А. Ю. Анализ способов пуска установок центробежных электронасосов в осложненных условиях // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. № 4. С. 87-96.
6. Михайлова С. В., Погребная И. А. Повышение производительности центробежных насосов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019. Т. 46. № 2. С. 20-27.
7. Нафиков И. Р., Ситдилов Ф. Ф. Струйные аппараты для создания вакуума // Научная жизнь. 2019. № 1. С. 40-45.
8. Сатункин И. В., Гуляев А. И. Стационарные насосные станции, методы повышения их эффективности и проектные решения при реконструкции Черновской оросительной системы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 129-133.

9. Ширяев В. Н., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А. Расчет увеличения энергии и кавитационного запаса насосного оборудования на всасывающем трубопроводе // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 1 (61). С. 189-203.

10. Diagnostics of the Cavitation Modes in the Heavy Petroleum Products Pumping Systems / D. Imaev, M. Nemudruk, M. Fedorov, I. Shpakovskaya. 2020. P. 665-668.

11. Kan E., Ikramov N., Mukhammadiev M. The change in the efficiency factor of the pumping unit with a frequency converter // E3S Web of Conferences. 2019. V. 97. 05010.

Информация об авторах:

Панов Владислав Борисович, аспирант кафедры «Водоснабжения и водоотведения» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** Vladpanov1978@yandex.ru

Цыпленков Дмитрий Степанович, аспирант кафедры «Водоснабжения и водоотведения» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** dmitriitceplenkov@mail.ru

Ширяев Вадим Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации земель», Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** vadik334@mail.ru

Тарасьянц Сергей Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжения и водоотведения» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), **E-mail:** starasyancz@mail.ru

ПАТРИАРХИ АГРАРНОЙ НАУКИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**Ведущему ученому в области селекции
и семеноводства овощных культур
Виктору Федоровичу Пивоварову 80 лет**

Научный руководитель ФГБНУ ФНЦО, доктор с.-х. наук, академик РАН, лауреат Государственной премии и дважды лауреат премии Правительства РФ Виктор Федорович Пивоваров родился 18 апреля 1942 г. в с. Коповка Пачелмского района Пензенской области.

Трудовая деятельность В.Ф. Пивоварова началась в 1964 году. После окончания Пензенского сельскохозяйственного института он работал агрономом на производстве, преподавателем профессионально-технического училища в г. Беднодемьяновске Пензенской области, инженером-почвоведом в Чувашском сельскохозяйственном институте, проходил службу в Вооруженных Силах СССР. В 1968 году В.Ф. Пивоваров поступает в аспирантуру на Грибовскую овощную селекционную опытную станцию, на базе которой в 1970 году создается Всесоюзный НИИ селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК). С этого времени его научная и творческая деятельность связана с институтом: старший научный сотрудник, заведующий отделом, заместитель директора, директор.

В 1972 году В.Ф. Пивоваров защищает кандидатскую диссертацию по селекции огурца на устойчивость к болезням. В 1975-1981 годы он выполняет научные исследования на организованном Минсельхозом СССР и ВАСХНИЛ экспериментальном советско-кубинском полевом участке «Дружба» (Республика Куба), который служил естественным фитотроном для ускоренного испытания и оценки многих отечественных сортобразцов овощных культур на адаптивность и устойчивость к болезням, а также полигоном при создании новых сортов для условий СССР и Республики Куба.

Накопленные теоретические и экспериментальные разработки по снижению сроков эффективной селекции в условиях тропиков (позднее в различных эколого-географических зонах СССР: Узбекистан, Азербайджан, Центральнo-Черноземная зона) с использованием приема естественных фитотронов, практическая реализация своих научных идей в виде ряда сортов и гибридов, их успешная интродукция позволили В.Ф. Пивоварову в 1986 году блестяще защитить диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. В 1982-1989 годы совместно с коллегами из Республики Беларусь, Азербайджана, Узбекистана, специалистами Госсортсети В.Ф. Пивоваров продолжает серию исследований по анализу исходного материала на устойчивость к биотическим и абиотическим и отдельным антропогенным факторам и созданию новых селекционных технологий; организует экологическое сортоиспытание, отбор высокопродуктивных адаптивных и стабильных сортов, обеспечивающих получе-

ние экологически безопасной продукции; проводит работу по оценке почвенно-климатических зон СССР на пригодность для селекции различных овощных культур (томат, перец, капуста и др.) и определению возможности использования стабилизирующих фонов для размещения зон товарного семеноводства.

В 1992 году В.Ф. Пивоваров назначается директором Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур. Под руководством В.Ф. Пивоварова Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур динамично развивается как научный, методический и селекционный центр: расширяются теоретические исследования, разрабатываются инновационные технологии и методы ускоренного создания принципиально нового и качественного исходного материала, созданы богатейшие коллекции тыквенных, пасленовых, луковых, бобовых, корнеплодных, капустных, зеленных и пряноароматических, а также цветочных культур, насчитывающих сотни источников и доноров продуктивности, скороспелости, высокого качества, устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам. Большое внимание уделяется практической селекции, включая семеноводство как часть селекционного процесса. В 2017 году на базе ВНИИССОКа создан ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», в состав которого входят 8 филиалов, в том числе Быковская бахчевая селекционная опытная станция. С этого времени Виктор Федорович является научным руководителем ФГБНУ ФНЦО.

Вся трудовая жизнь Пивоварова Виктора Федоровича связана с научным обеспечением и развитием агропромышленного комплекса нашей страны. Многие годы его жизни посвящены фундаментальным и прикладным научным исследованиям в области селекции и семеноводства овощных культур, развитию международного и межведомственного сотрудничества в области создания и расширения генетических ресурсов сельскохозяйственных растений. В.Ф. Пивоваров является ведущим ученым Российской Федерации в области интродукции, экологии, селекции и семеноводства овощных культур, внесший значительный вклад в решение одной из главных задач мирового земледелия – повышения адаптивности сельскохозяйственных растений к экологическим условиям; им разработано научное направление в селекции и генетике овощных культур, предложена оригинальная концепция развития селекции и семеноводства, пути производства экологически безопасной продукции.

Научные разработки Виктора Федоровича получили широкое практическое подтверждение и применение: он соавтор 127 сортов и гибридов овощных культур (35 из которых – за последние 5 лет), автор 17 изобретений; им опубликовано 665 научных работ, среди которых 75 – за рубежом, издано 39 книг, в том числе уникальные монографии: «Экологическая селекция сельскохозяйственных культур», «Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур», «Селекция и семеноводство овощных культур» в 2-х томах, «Овощи России», «История овощеводства Российского», «Летопись российской селекции овощных культур».

Важным результатом деятельности В.Ф. Пивоварова является создание научной школы: под его руководством подготовлены 45 кандидатов, 19 докторов наук в России, Узбекистане, Туркменистане, Республике Куба, в настоящее время проходят обучение

6 аспирантов. Выпускники школы В.Ф. Пивоварова и ВНИИССОК успешно работают в крупных селекционно-семеноводческих учреждениях, государственных структурах, коммерческих фирмах.

Достигнутые Виктором Федоровичем успехи получили заслуженное признание со стороны руководства государства и профессионального сообщества как в нашей стране, так и за рубежом, о чём свидетельствуют многочисленные награды: Почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1998), Почетная грамота Российской Академии сельскохозяйственных наук (2000), лауреат Государственной премии в области науки и техники Российской Федерации (2003), Орден Почета (2006), Почетный знак «За трудовую доблесть» Московской областной думы (2010), лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2013 и 2021), Почетная грамота Российской Академии наук (2021), почётные знаки «За трудовую доблесть» (2010), «За труды» (2012), «Почетный работник охраны природы» (2015), «Почетный наставник» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (2020), почетный знак Управления делами Президента Российской Федерации (2021), памятной медалью «Энциклопедия лучшие люди России» (2004), медалью «Лауреат ВВЦ» (2003), присвоено звание «Ученый года» (2005); звание «Почетный работник агропромышленного комплекса России» (2017), его имя вошло в энциклопедию «Элита информациологов мира» (2006), является почетным деятелем сельского хозяйства и пищевой промышленности Монголии и награжден медалью «Наставник Молодого поколения» от Молодежной организации за заслуги, внесенные в развитие и процветание Монголии (2011). Также является действительным членом Международной Академии информатизации (диплом 1994).

А. В. Солдатенко, доктор сельскохозяйственных наук,
член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ ФНЦО

Е.А. Варивода, старший научный сотрудник,
Быковская БСОС - филиал ФГБНУ ФНЦО
E-mail: BBSOS34@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY**

Дубенок Н. Н., Майер А. В.

Технологическая система орошения беспочвенного возделывания овощных культур в открытом грунте

Dubenok N.N., Mayer A.V.

Technical solution for a technological irrigation system for soilless vegetable growing in open ground

14

Барабанов А. Т.

Новый подход к прогнозированию склонового стока талых вод на сельскохозяйственных землях в бассейнах Волги и Дона

Barabanov A. T.

A new approach to forecasting the slope runoff of melt waters on agricultural lands in the Volga and Don basins

21

Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Ивина И. П.

Влияние основных агроприемов на формирование продуктивных травостоев овсяницы тростниковой на орошаемых землях Волго-Донского Междуречья

Dronova T.N., Burtseva N.I., Ivina I.P.

The influence of the basic agricultural practices on the formation of productive grass stands of fescow reed on irrigated land of the Volga-Don interfluvium

30

Москвичев А. Ю., Агапова С. А.

Десикация зернобобовых культур как прием совершенствования технологии их возделывания в Волгоградской области

Moskvichev A.Yu., Agapova S.A. Desiccation of leguminous crops as a method of improving the technology of their cultivation in the Volgograd region

38

Ряднов А. И., Арылов Ю.Н.

Повышение урожайности яровой пшеницы за счет использования семян с низким уровнем травмирования

Ryadnov A. I., Arylov Yu. N. Increasing the yield of spring wheat due to use of seeds with a low level of injury

45

Тютюма Н.В., Айтпаева А.А.

Прогнозирование развития кормопроизводства и сопряженного с ним молочного скотоводства с использованием методов экономико-математического моделирования

Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A.

Forecasting the development of fodder production and dairy cattle breeding associated with it using methods of economic and mathematical modeling

52

Храмова В. Н., Сурков Д. И., Лубчинский К. А., Животова Т. Ю.

Анализ и сравнение способов избавления нута от бобового привкуса

Khramova V. N., Surkov D. I., Lubchinsky K. A., Zhivotova T. Yu.

Analysis and comparison in methods to remove bean flavor in chickpeas

59

Чамурлиев О.Г., Сидоров А.Н., Холод А.А., Чамурлиев Г.О. Изучение эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области Chamurliiev O.G., Sidorov A.N., Kholod A.A., Chamurliiev G.O. Study of the effectiveness of mineral fertilizers on sunflower in open ground under irrigation in the conditions of the Volgograd region	69
Яговенко Г. Л., Яговенко Т. В., Пигарева С. А., Трошина Л. В., Мисникова Н. В. Влияние стимуляторов роста нового поколения на урожайность, структуру урожа и качество зерна люпина белого Yagovenko G. L., Yagovenko T. V., Pigareva S. A., Troshina L. V., Misnikova N. V. Effect of growth stimulators of new generation on white lupin yield, its structure and grain quality	76
Зайцева Н. А., Ячменева Е. В., Климова И. И. Оценка солеустойчивости сафлора красильного Zaitseva N.A., Klimova I.I., Yachmeneva E.V. Salt resistance evaluation of safloro dye «Carthamus tinctorius»	89
Зацепина И. В. Воздействие стимулятора роста растений янтарной кислоты на укореняемость сортов и форм груши в условиях искусственного тумана Zatsepina I. V. The effect of the plant growth stimulator succinic acid on the rootability of pear varieties and forms in artificial fog conditions	96
Павлюченко Н.Г., Зимина Н.И., Мельникова С. И., Колесникова О.И. Оценка влияния биологически активных веществ на развитие привитых саженцев винограда Pavlyuchenko N. G., Zimina N. I., Melnikova S. I., Kolesnikova O. I. Evaluation of the influence of biologically active substances on the development of grafted grape seedlings	105
Родин К.А., Невежина А.Б., Воронцова Е.С. Полив риса дождеванием Rodin K. A., Nevezhina A. B., Vorontsova E. S. Sprinkling rice	113
Саенко Г.М. Фитосанитарный мониторинг сои на Дальнем Востоке Saenko G. M. Phytosanitary monitoring of soybean in the Far East	120
Тихонова М.А., Панищева Д.В., Лохова А.И., Фещенко Е.М. Биохимический анализ и антиоксидантная активность плодов перспективных сортов винограда в условиях Южного Урала Tikhonova M. A., Panishcheva D. V., Lokhova A. I., Feshchenko E. M. Biochemical analysis and antioxidant activity of the fruit of promising grape varieties under the conditions of the Southern Urals	133

Рябчикова Н. Б., Егорова Г. С., Бочерова И. Н.

Использование сидеральных культур на светло-каштановых почвах в условиях Волгоградского Заволжья

Ryabchikova N.B., Egorova G.S., Bocharova I.N.

The use of sideral crops on light chestnut soils in the conditions of the Volgograd trans-Volga region

142

Гордиенко О.А., Кулик А.В., Шайфуллин М.Р.

Зависимость морфологии агрокаштановых почв сухостепной зоны от микрорельефа

Gordienko O.A., Kulik A.V., Shaifullin M.R. Dependence of the morphology

of agro-chestnut soils of the dry steppe zone on the microrelief 153

Дьяков А. С., Зайцев С. В.

Эффективность внекорневых обработок регуляторами роста в повышении продуктивности арбуза столового на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия

Dyakov A.S., Zaitsev S.V. The effectiveness of foliar treatments with growth regulators in increasing the productivity of table watermelon on light chestnut soils of the North Caspian region

165

Егоров А. В., Веденеева В. А.

Влияние обрезки и ретардантов на биопродуктивность садов интенсивного типа Среднеахтубинского района Волгоградской области

Egorov A.V., Vedeneeva V.A.

Effect of cutting and retardants on bioproductivity of intensive gardens in Sredneakhtubinsky district of Volgograd region

173

Мельник К. А., Хужахметова А. Ш.

Особенности плодоношения интродуцированных представителей родового комплекса *Gleditsia* в возрастном аспекте

Melnik K.A., Khuzhakhmetova A.Sh.

Features of fruiting of introduced representatives of the generic *Gleditsia* complex in the age aspect

184

Муканов М. В., Гулин А. В., Киселев А. И., Каракаджиев А. С.

Перспективность возделывания перца сладкого безрассадным способом в дельте Волги

Mukanov M.V., Gulin A.V., Kiselev A.I., Karakadzhiev A.S.

Prospects of cultivating sweet pepper in a seedless way in the Volga Delta 193

Гущина И. А., Ахмедов А. Д.

Продуктивность использования влаги

при дождевании раннего картофеля в условиях Волгоградской области.

Gushchina I. A., Akhmedov A.D.

Productivity of use of moisture when spinting early potatoes under the conditions of the Volgograd region

200

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИКА /
AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

- Варакин А. Т., Шевелёва С. Н., Щекутьева Н. А., Старковский Б. Н., Симонов Г. А.**
Эффективность возделывания одновидовых и смешанных посевов люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного региона России для приготовления кормов 207
Varakin A. T., Sheveleva S. N., Shchekutyeva N. A., Starkovsky B. N., Simonov G. A.
Efficiency of cultivation of single-species and mixed crops of alfalfa in the conditions of the North-West region of Russia for food preparation 207
- Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Колосова Н. Н., Шперов А. С., Смородин Ф. А.**
Использование скрещивания для улучшения воспроизводительных качеств овец в условиях фермерского хозяйства 213
Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Kolosova N. N., Shperov A. S., Smorodin F. A.
The use of crossing to improve the reproductive qualities of sheep in farming conditions 213
- Николаев С.И., Даниленко И.Ю., Карапетян А.К., Морозова Е.А., Власов А.С., Фризен В.Г.**
Влияние амарантового жмыха на показатели продуктивности ремонтных курочек 220
Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Karapetyan A. K., Morozova E. A., Vlasov A. S., Friesen V. G.
Influence of amaranth cake on productivity indicators of repair hen 220
- Ранделин Д.А., Новокщёнова А.И., Кравченко Ю.В., Воронцова Е.С., Кузнецова Т.А., Рамазан А.К.**
Влияние кормовой добавки «бета-флора» в составе продукционных лососевых кормов на хозяйственно-биологические показатели радужной форели 225
Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Kravchenko Yu. V., Vorontsova E. S., Kuznetsova T. V., Ramazan A. K.
The effect of the feed additive "beta-flora" in the composition of production salmon feeds on economic and biological indicators rainbow trout 225
- Ряднов А.А., Саломатин В.В., Злепкин Д.А., Злепкин В.А., Воронцова Е.С., Зинин Е.П., Волкова О.А.**
Гематологический статус цыплят-бройлеров при введении в питьевую воду комплексной пищевой добавки 232
Ryadnov A. A., Salomatin V. V., Zlepkin D. A., Zlepkin V. A., Ryadnova T. A., Vorontsova E. S., Zinin E. P., Volkova O. A.
Hematological status of broiler chickens when a complex food additive is introduced into drinking water 232
- Семененко М. П., Винокурова Д. П., Сампиев А. М., Семененко К. А., Кузьминова Е. В.**
Эффективность силиостина при замедленной консолидации полных оскольчатых и раздробленных переломов трубчатых костей со смещением у собак 241
Semenenko M. P., Vinokurova D. P., Sampiev A. M., Semenenko K. A., Kuzminova E. V.
Efficiency of siliostin at delayed consolidation of complete comminuted and splinted fractures of tubular bones with displacement in dogs 241

Шкаленко В.В., Николаев С.И., Даниленко И.Ю., Уланов Е.В. Совершенствование пород осетровых рыб Shkalenko V. V., Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Ulanov E. V. Improvement of sturgeon breeds	252
Кощаев И. А., Рядинская А. А., Лавриненко К. В. Опыт использования добавки протеолитического действия в кормлении цыплят-бройлеров Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Lavrinenko K. V. Experience of using a proteolytic additive in feeding broiler chickens	257
Судаков А. Н., Скуратов Н. И., Андрианов Е. А., Андрианов А. А. Роль наседки в формировании температурного режима яиц птиц при естественной инкубации Sudakov A. N., Skuratov N. I., Andrianov E. A., Andrianov A. A. Hens role in the temperature regime of bird eggs during natural incubation	264
Усманова Е. Н., Зубоченко Д. В., Остапчук П. С., Кувда Т. А. Селекция мясного скота на повышение эффективности использования корма Usmanova E. N., Zubochenko D. V., Ostapchuk P. S., Kuevda T. A. Breeding of beef cattle to increase the efficiency of feed intake	270
Гунько М.В., Сазонова Е.А., Авраменко А.С. Распространенность микотоксинов в Кагальницком и Ремонтнинском районах Ростовской области, а также их влияние на организм лабораторных животных Gunko M. V., Sazonova E. A., Avramenko A. S. The prevalence of mycotoxins in the kagalnitsky and remontnensky districts of the rostov region, as well as their effect on the body of laboratory animals	286
Недашковский И.С., Контэ А.Ф., Волкова В.В., Сермягин А.А. Влияние уровня гомозиготности по STR-маркерам быков-производителей голландской породы на показатели наследования типа телосложения их дочерей на основе линейной оценки Nedashkovsky I. S., Konte A. F., Volkova V. V., Sermyagin A. A. The influence of the level of homozygosity for STR-markers of Holstein sires on the indicators of inheritance of the body type of their daughters on the basis of linear assessment	294
Нецветова Е. В. Насыщение охотугодий новыми для местной охотфауны видами дичи с точки зрения международных соглашений. Добровольный кодекс поведения в отношении охоты и инвазивных чужеродных видов Netsvetova E. V. Saturation of hunting grounds with game species new to the local hunting fauna from the point of view of international agreements. Voluntary code of conduct on hunting and invasive alien species	302

- Лавриненко К.В., Кощаев И.А., Рядинская А.А. Токарь П.И., Зайцев А.А.**
Применение ксиланазы в рационах цыплят-бройлеров
Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Tokar P. I., Zaitsev A. A.
Application of the proteolytic enzyme in the diets of broiler chickens 310
- Сазонова Е. А.**
Диагностика, лечение и специфическая профилактика при колибактериозе поросят
Sazonova E. A.
Diagnosis, treatment and specific prevention of colibacteriosis of piglets 318
- Василиади О. И., Кузьминова Е. В., Семененко М. П., Долгов Е. П.**
Изучение фармакологической активности препарата фитосомин на цыплятах-бройлерах
Vasiliadi O. I., Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Dolgov E. P.
Study of the pharmacological activity of phytosomin in broiler chickens 326
- Горин И.Е., Самофалова О.В., Карапетян А.К., Николаев С.И., Воронцова Е.С., Корнилова Е.В., Чернышков А.С.**
Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства
Gorin I. E., Samofalova O. V., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Vorontsova E. S., Kornilova E. V., Chernyshkov A. S. Development and use of compound feeds that include non-traditional feed products in their composition 334
- Жуманова У. Т., Тултабаева Т. Ч., Тултабаев М. Ч., Шоман А., Шоман А.**
Сушка меда с применением методов вакуумно-микроволновой сушки
Zhumanova U. T., Tultabaeva T. C., Tultabayev M. Ch., Shoman A., Shoman A.
Drying of honey using vacuum-microwave drying methods 340
- Самофалова О.В., Карапетян А.К., Николаев С.И., Шкаленко В.В., Чернышков А.С., Воронцова Е.С.**
Повышение мясной продуктивности цыплят-бройлеров при использовании нетрадиционных кормовых источников
Samofalova O. V., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Chernyshkov A. S., Vorontsova E. S.
Increasing meat productivity broiler chickens when using non-traditional feed sources 349
- Тултабаева Т. Ч., Тултабаев М. Ч., Жуманова У. Т., Шоман А., Шоман А.**
Производство сухих молочно-белковых продуктов с применением методов вакуумно-микроволновой сушки
Tultabaeva T. C., Tultabayev M. Ch., Zhumanova U. T., Shoman A., Shoman A.
Production of dry milk and protein products using vacuum-microwave drying methods 355

- Урсу Р.В., Гусева Ю.А., Пигина С.Ю., Васильев А.А., Воронцова Е.С.**
Количественный и качественный аминокислотный анализ альтернативных источников протеина в комбикормах
Ursu R. V., Guseva Yu. A., Pigina S. Yu., Vasiliev A. A., Vorontsova E. S.
Quantitative and qualitative amino acid analysis of alternative protein sources in compound feeds 362

- Шоман А., Тултабаева Т. Ч., Тултабаев М. Ч., Жуманова У. Т., Шоман А.**
Создание напитков на основе меда
Shoman A., Tultabaeva T. C., Tultabayev M. Ch., Zhumanova U. T., Shoman A.
Creating drinks based on honey 369

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ / TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING

- Цепляев В.А.**
Механо-математическая модель смещения плети бахчевых активным рабочим органом при обработке посевов
Tseplyaev A. V.
Mechanical and mathematical model of the displacement of the melon whip by an active working body during the processing of crops 378

- Бердышев В.Е., Цепляев, В.А., Цепляев А.Н., Габидулина, А.Е., Богданов С.И.**
Теоретическое определение параметров бункера сеяночистителя семян горчицы
Berdyshev V. E., Tseplyaev V. A., Tseplyaev A. N., Gabidulina A. E., Bogdanov S. I.
Theo-retical determination of the parameters of the mustard seed cleaner hopper 390

- Бочарников В. С., Денисова М. А., Козинская О. В., Бочарникова О. В.**
Применение цеолитовой загрузки в фильтровальном оборудовании при очистке сточных и загрязненных природных вод для орошения и обводнения территорий
Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Kozinskaya O. V., Bocharnikova O. V.
Application of zeolite loading in filtration equipment for treatment of waste and polluted natural water for irrigation and watering of territories 398

- Волосухин В.А., Бандурин М.А., Приходько И.А.**
Теоретическое обоснование снижения рисков эксплуатации гидротехнических сооружений и использование гибких дамб для инженерной защиты территории от подтопления
Volosukhin V. A., Bandurin M. A., Prikhodko I. A.
Theoretical justification for reducing the risks of operation of hydraulic structures and the use of flexible dams for engineering protection of the territory from flooding 407

- Джаббаров Н.И., Добринов А.В., Эвиев В.А., Чугунов С.В., Фомин С.Д.**
Улучшение процесса резания почвы и сорной растительности в системе органического севооборота
Dzhabbarov N.I., Dobrinov A.V., Eviev V.A., Chugunov S.V., Fomin S.D.
Improving the process of cutting soil and weeds in organic croptation system 418

- Семененко С.Я., Марченко С.С., Новиков А.Е.**
Сравнение расчетных характеристик и экспериментальных результатов испытаний бетонных балок с композитной арматурой на прогиб
Semenenko S. Ya., Marchenko S. S., Novikov A. E.
Comparison of calculated and experimental results of strength tests of concrete beams with composite reinforcement for hydraulic engineering construction 434
- Федянов Е. А., Салыкин Е. А., Курапин А. В., Кадията Э. Ч.**
Сжимаемость смесей дизельного топлива с пальмовым маслом
Fedyanov E. A., Salykin E. A., Kurapin A. V., Kadiata E. Ch.
Mixtures compressibility of diesel fuel with palm oil 440
- Цепляев А.Н.**
Теоретическое обоснование технологии применения обогащенных гидросорбентов при посеве семян высокорентабельных культур в орошении
Tseplyaev A. N.
Theoretical substantiation of the technology of application of enriched hydrosorbents for sowing seeds of highly profitable crops in irrigation 450
- Шапров М.Н., Цепляев А.В., Цепляев А.Н., Богданов С.И., Бердышев В.Е.**
Результаты определения технологических свойств белокочанной капусты
Shaprov M. N., Tseplyaev A. V., Tseplyaev A. N., Bogdanov S. I., Berdyshev V. E.
Results of determination of technological properties of white cabbage 458
- Юферов В.Г., Беляев А.И., Синельникова К.П.**
Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии
Yuferev V. G., Belyaev A. I., Sinelnikova K. P.
Desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Kalmykia 465
- Глушков И. Н., Мячина К. В.**
Рекультивация и возврат земель в сельскохозяйственный оборот после нефтедобычи (на примере Оренбургской области)
Glushkov I. N., Myachina K. V.
Recultivation and return of land to agricultural circulation after oil production (on the example of the Orenburg region) 473
- Курченко Н.Ю., Даус Ю.В., Квитко А.В., Грищенко Д.Н.**
Эффективная технология в сельскохозяйственном производстве, использующая солнечную радиацию
Kurchenko N. Yu., Daus Yu. V., Kvitko A. V., Grischenko D. N.
Efficient technology in agricultural production using solar radiation 486
- Мартынов И. С., Шапров М. Н., Седов А.В., Садовников М. А., Михайлёнок А. А.**
Способ посева пропашных культур в условиях рискованного земледелия
Martynov I. S., Shaprov M. N., Sedov A.V., Sadovnikov M. A., Mikhailenok A. A.
Method for sowing rowed crops under risk farming 492

Мезникова М. В.

Влияние технологических параметров вертикального опрыскивания на обеспечение экологической безопасности при возделывании пропашных культур

Meznikova M. V.

Influence of technological parameters of vertical spraying on environmental safety of row crops cultivation 502

Никульчев К.А., Мазур В.В., Кувшинов А.А.

Совершенствование элементов технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области

Nikul'chev K. A., Mazur V. V., Kuvshinov A. A.

Improvement of the elements of corn cultivation technology for grain in the conditions of Amur region 514

Тихонова М.К., Медведева Л.Н.

Организация биосферного мониторинга на внутренних водоемах Юга России

Tikhonova M. K., Medvedeva L. N.

Organization of biospheric monitoring in inland water bodies of the South of Russia 523

Чурюмов В.Ю., Эвиев В.А., Салаев Б.К., Фомин С.Д., Куркудинова Н.А.

К обоснованию угловой скорости вращения барабана цилиндрического инерционного сепаратора

Churyumov V. Yu., Eviev V. A., Salaev B. K., Fomin S. D., Kurkudinova N. A.

To substantiate the angular velocity of rotation of a cylindrical inertial separator drum 534

Тубалов А.А.

Агролесомелиоративное картографирование ландшафтов подверженных развитию эрозии

Tubalov A. A.

Application of the landscape approach to the assessment of the protective forest cover of territories 543

Дорошенко В. В.

Геоинформационное картографирование соровых понижений и солончаков в Ставропольском крае

Doroshenko V. V.

Geoinformation mapping of sorov depressions and salt marshes in the stavropol territory 553

Дубяго Д. С., Новиков А. Е., Мажайский Ю. А.

Повышение качества проводимых бетонных работ при ремонте и восстановлении конструкций гидротехнических сооружений на мелиоративных системах

Dubyago D. S., Novikov A. E., Mazhaisky Y. A.

Improving the quality of concrete works during repair and restoration of the structures of hydrotechnical structures on reclaim systems 561

Мясников А.С., Фомин С.Д.

Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве

Myasnikov A. S., Fomin S. D.

Increasing the profile performance of vehicles for cargo transportation in agriculture 568

Непокрытый Р.А., Цепляев А.Н.

Теоретический анализ работы ножа для подачи гидрогеля модернизированной картофелесажалки при внесении гидрогеля на орошаемых участках

Nepokrytyj R. A., Tseplyaev A. N.

Theoretical analysis of the operation of a knife for feeding hydrogel of a modernized potato planter when applying hy-drogel in irrigated areas 580

Панов В.Б., Цыпленков Д.С., Ширяев В.Н., Тарасьянц С.А.

Порядок проведения анализа и мероприятия по введению центробежного насосного оборудования в оптимальный эксплуатационный режим

Panov V. B., Tsyplenkov D. S., Shiryayev V. N., Tarasyants S. A.

Procedure for analysis and measures for the introduction of centrifugal pump equipment In optimal operating mode 587

ПАТРИАРХИ АГРАРНОЙ НАУКИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ведущему ученому в области селекции и семеноводства овощных культур

Виктору Федоровичу Пивоварову 80 лет 597

Содержание 600

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 (NAMSIS) (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**

№ 4 (68), 2022

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 4 (68), 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 18.01.2023.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 29.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 4 (68), 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 18.01.2023.

Edition 1000 (first factory 100). Order 29.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price