

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 3 (59), 2020

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
2020

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 3 (59), 2020

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
2020

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

№ 3 (59), 2020

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**

№ 3 (59), 2020

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

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 3 (59), 2020

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 – *Овчинников А.С.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, **академик РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», Научный руководитель Волгоградского ГАУ.

Заместители главного редактора:

Бочарников В.С., доктор технических наук, проректор по стратегическому развитию и цифровизации Волгоградского ГАУ;

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского ГАУ

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 3 (59), 2020

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**

Chief editor – *Ovchinnikov A.S.*, Doctor of Agricultural sciences, Professor, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, the Chairman of editorial board, the Chairman of regional fund «Agrarian university complex», the supervisor of the Volgograd State Agrarian University.

Deputy chief editor:

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization of the Volgograd State Agrarian University;

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

Международный редакционный совет научного журнала

Главный редактор – *Овчинников А.С.*, д.с.-х.н., профессор, **академик РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», Научный руководитель Волгоградского ГАУ

<http://www.volgau.com/университет/органы-управления/ректорат>

Заместитель главного редактора –

Бочарников В.С., д.т.н., проректор по стратегическому развитию и цифровизации Волгоградского ГАУ

<http://www.volgau.com/университет/органы-управления/ректорат>

Заместитель главного редактора –

Фомин С.Д., д.т.н., зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского ГАУ

<http://www.volgau.com/izvestiya>

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>

Зволинский В.П., **академик РАН**, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия

<http://pniiaz.ru/rukovodstvo>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/>

Каштанова Е.Г., доктор, профессор, декан факультета с.х., экотрофологии и ландшафтного развития, Анхальтский университет прикладных наук, г. Бернбург (Германия)

<https://www.hs-anhalt.de/en/university/service/directory-of-people/prof-dr-elena-kashtanova.html>

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

<http://www.cnsbh.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtm>

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

<http://nasb.gov.by/rus/members/>

International Editorial Board of the Scientific Journal

Editor in Chief - *Ovchinnikov A.S.*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Chairman of the Editorial Board, Chairman of the Board of the Regional Fund «Agrarian University Complex», supervisor of the Volgograd State Agrarian University

Deputy Editor in Chief - *Bocharnikov V.S.*, Doctor of Technical Sciences, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization of the Volgograd State Agrarian University

Deputy editor in chief - *Fomin S.D.*, Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems of the Volgograd State Agrarian University

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

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

Zvolinsky V.P., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, scientific adviser of the Prikaspiysky Research Institute of Arid Agriculture

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)

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

<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

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

Рулев А.С., академик РАН, Волгоградский государственный университет

<http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

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.pf>

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->

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Редакционная коллегия научного журнала

Editorial Board of the Scientific Journal

06.01.00 Агрономия

06.01.00 Agronomy

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

06.01.01 General agriculture, crop production

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

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

Зволинский В.П., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия

Zvolinsky V.P., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific leader of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

Овчинников А.С., академик РАН, д.с.-х.н., профессор, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», Научный руководитель Волгоградского ГАУ

Ovchinnikov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Editorial Board, Chairman of the Board of the Regional Fund «Agrarian University Complex», supervisor of the Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

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

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ВНИИОЗ

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (технические науки)

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

Бочарников В.С., доктор технических наук, проректор по стратегическому развитию и цифровизации, Волгоградский ГАУ

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

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

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

06.01.04 Агрохимия

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

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

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

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

Melikhov V.V., corresponding member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Director of All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

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, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization of the Volgograd State Agrarian University

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

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

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

06.01.04 Agrochemistry

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

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

Гурова О.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, проректор, Волгоградский ГАУ

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 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

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

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, Волгоградский ГАУ

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)

Gurova O.N., Candidate of Agricultural Sciences, vice-rector, Volgograd State Agrarian University

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., **Professor of RAS**, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

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, Volgograd State Agrarian University

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., профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПНИИАЗ

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

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

06.01.09 Овощеводство

Зволинский В.П., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ВНИИОЗ

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

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, Волгоградский ГАУ

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

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

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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., Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

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

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

06.01.09 Vegetable-growing

Zvolinsky V.P., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific leader of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

Melikhov V.V., corresponding member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Director of All-Russia Scientific Research Institute of irrigated agriculture

Tyutyuma N.V., Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Precaspian Research Institute of Arid Agriculture

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

Yatusovich 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, Volgograd State Agrarian University

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.

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

Шинкаренко А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Shinkarenko A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, 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)

Филиппов Н.В., доктор ветеринарных наук, профессор, зам. директора, Волгоградская областная ветеринарная лаборатория

Filippov N.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Deputy Director, Volgograd Regional Veterinary Laboratory

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, первый проректор, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice-Rector, St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, 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

Шинкаренко А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Shinkarenko A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

06.02.04 Ветеринарная хирургия

06.02.04 Veterinary surgery

Веденеев С.А., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

Стекольников А.А., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, ректор, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины

Шинкаренко А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

Филиппов Н.В., доктор ветеринарных наук, профессор, зам. директора, Волгоградская областная ветеринарная лаборатория

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, первый проректор, Санкт-Петербургская государственная академия 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 ГВМИБ

Племяшков К.В., доктор ветеринарных наук, профессор ВНИИ генетики и разведения животных, Санкт-Петербург

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

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

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

Shinkarenko A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

Filippov N.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Deputy Director, Volgograd Regional Veterinary Laboratory

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice-Rector, St. Petersburg State Academy 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

Plemyashkov K.V., Doctor of Veterinary Science, Professor, Institute of Genetics and Animal Breeding, St. Petersburg

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

Volkhov 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 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

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

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Филатов А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология 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)

Николаев С.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Филатов А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

Николаев С.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Коханов М.А., 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

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

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

Filatov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

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)

Nikolaev S. I., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

Filatov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

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

06.02.09 Fur farming and hunting

Nikolaev S. I., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Kohanov M.A., 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, production 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

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

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

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

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

Филатов А.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

Бочарников В.С., доктор технических наук, проректор по стратегическому развитию и цифровизации, Волгоградский ГАУ

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

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

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

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

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

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

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

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

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

Filatov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and milk products

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

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

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Vice Rector for Strategic Development and Digitalization of the Volgograd State Agrarian University

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

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

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

Цепляев А.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Tseplyaev A.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, 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

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

Баев В.И., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Baev V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, проректор, С-Петербург ГАУ

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

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

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

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

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-01

DEVELOPMENT OF HERBICIDE-FREE RICE CULTIVATION BASED ON PERMANENT FLOODING REGIME AND AUTOMATION OF RICE IRRIGATION

A. S. Ovchinnikov¹, N. V. Ostrovsky², V. O. Shishkin²,
A. A. Pakhomov¹, V. V. Ostrovsky³

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar Russia

³Limited Liability Company «Konsul VNV» Krasnodar, Russia

Received 20.07.2020

Submitted 14.08.2020

Summary

The article presents the results of the research about the irrigation regimes of herbicide-free rice growing in Russia. Applying a constant flooding regime and using hydraulic machines for automated water distribution are recommended for an increase in the efficiency of herbicide-free rice production.

Abstract

Introduction. Today the ecological component is becoming a trend in rice growing. A considerable scientific and practical experience of herbicide-free rice growing has been accumulated in Russia. Automated water control of a rice field ensures the success of herbicide-free rice growing. The instruments for automation are hydraulic machines that regulate a flow discharge and a water layer of rice checks. **Object.** The objects of research were the technologies of herbicide-free rice growing and the instruments for automation of water distribution. The purpose of the study was a systematization, an experience generalization, and a valuation of economic efficiency of automatic water management in herbicide-free rice growing. **Materials and Methods.** The materials of statistical observations of indicators of rice growing in the Krasnodar region were used in comparative analysis. The local productivity was set in bunker weight according to the statistical processing of crop productivity of experimental farms. The relevant methodologies are used for the cost-effectiveness assessment of herbicide-free growing investment. **Results and conclusions.** The analysis of Russian herbicide-free technologies is carried out. The recommendations for temperature and water regime in herbicide-free rice growing are analyzed. The innovative solutions in herbicide-free rice growing, which were confirmed by effective indexes of the crop productivity, are considered. The necessity for precise regulation of water level based on the use of hydraulic machines was established. The potential of the widespread production of rice growing without herbicides was proven. A yield increase by 2.2 t/ha was achieved by the automation of herbicide-free rice crops. The calculation of economic efficiency demonstrates that the payback period for investment into automation of herbicide-free rice growing is 1 year. The automation of irrigation is given as a basic element that provides high economic efficiency and the attractiveness of herbicide-free rice growing for producers in the Russian rice agricultural sector.

Key words: rice cultivation, constant flooding mode, irrigation automation, rice irrigation, flooding layer, rice paddies, hydraulic automatic machines, precise control, herbicide-free production.

Citation. Ovchinnikov A. S., Ostrovsky N. V., Shishkin V. O., Pakhomov A. A., Ostrovsky V. V. Development of herbicide-free rice cultivation based on permanent flooding regime and automation of rice irrigation, *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 14-25 (in Russian). DOI: DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-01.

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 633.18.03:631.674

**РАЗВИТИЕ БЕЗГЕРБИЦИДНОГО РИСОВОДСТВА
НА ОСНОВЕ РЕЖИМА ПОСТОЯННОГО ЗАТОПЛЕНИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЛИВА РИСА****А.С. Овчинников¹**, академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. В. Островский², доктор технических наук, доцент**В. О. Шишкин²**, доктор экономических наук, профессор**А. А. Пахомов¹**, доктор технических наук, профессор**В. В. Островский³**, инженер¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар³Научно-производственная фирма ООО «Консул ВНВ», г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 20.07.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Аннотация. Представлены результаты исследования режимов орошения при безгербицидном возделывании риса в России. Для увеличения эффективности безгербицидного производства риса рекомендовано применение режима постоянного затопления и использование средств гидроавтоматики для автоматизированного управления водораспределением.

Актуальность. На сегодняшний день трендом рисоводства становится экологическая составляющая. В России накоплен значительный научно-практический опыт возделывания риса без применения гербицидов. Автоматизированное управление водным режимом рисового поля гарантирует успех и эффективность безгербицидного рисоводства. Средствами автоматизации являются гидроавтоматы, которые выполняют регулирование расхода оросительной воды и слоя воды рисовых чеков. **Объект.** Объектом исследований являлись безгербицидные технологии возделывания риса и средства автоматизации водораспределения. **Цель.** Целью исследования были систематизация, обобщение опыта и оценка экономической эффективности автоматического управления водным режимом при возделывании риса без применения гербицидов. **Материалы и методы.** В сравнительном анализе использованы материалы статистических наблюдений за показателями рисоводства по Краснодарскому краю. Локальная урожайность установлена в бункерном весе по данным статистической обработки урожайности экспериментальных хозяйств. Применены актуальные методики для оценки экономической эффективности инвестиций в безгербицидное рисоводство. **Результаты и выводы.** Выполнен анализ особенностей безгербицидных технологий, применяемых в России. Проанализированы рекомендации по управлению температурным и водным режимом при возделывании риса без гербицидов. Рассмотрены инновационные решения в безгербицидном рисоводстве, подтвержденные эффективными показателями урожайности. Установлена необходимость прецизионного регулирования уровня воды на основе применения гидроавтоматов. Доказан потенциал широкого производственного возделывания риса без применения гербицидов. Достигнуто увеличение урожайности на 22 ц/га при автоматизации безгербицидных посевов риса. Расчет экономической эффективности показывает окупаемость инвестиций в автоматизацию безгербицидного рисоводства за 1 год. Автоматизация полива определена как базовый элемент, который обеспечивает высокую экономическую эффективность и привлекательность безгербицидного рисоводства для сельхозпроизводителей рисового сектора России.

Ключевые слова: рисоводство, режим постоянного затопления, безгербицидное рисоводство, орошение риса, развитие рисоводства, технологии рисоводства, рисовые чеки.

Цитирование. Овчинников А.С., Островский Н. В., Шишкин В. О., Пахомов А. А., Островский В. В. Развитие безгербицидного рисоводства на основе режима постоянного затопления и автоматизации полива риса. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 14-25. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-01.

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. Прогнозируется, что мировое население в течение 40 лет увеличится с 7,8 млрд до 9 млрд человек. Ожидается, что рис будет играть ключевую роль в обеспечении питания человеческой популяции. В настоящее время рис обеспечивает более 20 % дневной калорийности для половины населения мира. В связи с этим научные исследования в области культивации и оптимизации режимов орошения риса обладают общемировой актуальностью [10, 11].

Рост уровня осведомленности потребителей порождает спрос на экологически чистую продукцию рисоводства. Рис – культура, имеющая потенциал широкого производственного возделывания без применения гербицидов. В России имеется научно-практический опыт безгербицидного рисоводства. Безгербицидное рисоводство являлось альтернативным направлением традиционному рисоводству и развивалось параллельно. Однако в силу интенсификации сельскохозяйственного производства оно оставалось в тени. На сегодняшний день от сельхозпроизводителей требуются не только эффективные производственные показатели, но и высокая экологическая составляющая. Реализация безгербицидных технологий не представляет значительной сложности для сельхозпроизводителей. Одним из основных условий эффективного возделывания безгербицидного риса является максимально точная реализация алгоритма управления водным режимом рисового поля. В рисоводстве при орошении риса, как и в большинстве производственных отраслей, точного управления позволяет достичь автоматизация производственных процессов. Средствами автоматизации здесь являются гидроавтоматы, выполняющие функции регулирования расходно-уровневого режима рисовых чеков и каналов.

Цель нашего исследования – систематизация, обобщение опыта и обоснование экономической составляющей эффективного управления водным режимом при возделывании риса без применения гербицидов. Материалы исследований охватывают период развития рисоводства в России, начиная с 70-х годов 19-го века по настоящее время. Экономические показатели получены на основе статистических показателей рисоводства в Краснодарском крае за период 2014-18 гг. и результатов внедрения.

Материалы и методы. Варианты режима орошения для безгербицидного рисоводства в Советском Союзе рекомендовались наряду с вариантами режимов орошения, предусматривающих гербицидные обработки посевов. В 1976 г. Шульга Н. К. и Дукмасов А. И. рекомендуют способ борьбы с просянками без применения гербицидов (Шульга Н. К. Учебная книга поливальщика/ Н. К. Шульга, А. И. Дукмасов. М.: Колос, 1976). Способ предусматривает залив поля после сева риса слоем 10-15 см с последующим сбросом через 5-6 дней. После появления всходов риса поле заливается водой слоем, превышающим высоту просянок на 5-7 см. По мере роста просянок уровень воды повышается и доводится до 25-30 см и поддерживается до тех пор, пока не погибнет основная масса просянок. Отмечается, что интенсивность гибели просянок зависит от температуры воды. При температурах воды ниже 20 °С гибель происходит за 10-15 суток, при температуре 22 °С – 8-10 суток, при температуре 25-30 °С – 4-5 суток. Для избегания отмирания риса высокий горизонт воды более 10 дней держать не рекомендуется.

Отметим, что способ борьбы с засорением рисовых посевов глубоким затоплением применялся уже в период 1918-1930 гг. в Приморском крае России [4]. Однако в силу отсутствия методов и средств точного управления слоем затопления в первой половине 19-го века допускалось изреживание посевов и снижение урожая.

В 1983 году в рекомендациях по технологии возделывания риса, составленных авторским коллективом ВНИИриса под руководством Алешина Е. П., рекомендован режим орошения риса без применения противозлаковых гербицидов (Алешин Е. П. Технология возделывания риса: методические указания/ Е. П. Алешин, Ю. П. Радин, Чеботарев М. И., Попов В. А. и др. М.: Колос, 1983). Первоначальное затопление проводится не позже 1-2 дней после сева с глубиной не более 0,1-0,12 м. Вода удерживается до начала наклевывания семян риса. Повторное затопление начинается при появлении первого листа у риса и не более двух листов у просянок. Слой при повторном затоплении создается не менее 0,12-0,15 м, но с расчетом превышения просянок на 0,05-0,07 м. Достигается полная гибель просянок. После уничтожения сорняков слой воды регулируется следующим образом: в период формирования у риса 5-7 листьев слой 0,05 м, с 8-го листа до начала восковой спелости – 0,1-0,12 м. Подача воды на поле прекращается с началом восковой спелости. Вода полностью сбрасывается в конце восковой спелости.

В 1983 г. появляются научно-обоснованные рекомендации, направленные на борьбу с отрицательными последствиями применения гербицидов. Под руководством Величко Е. Б. выпущены рекомендации по возделыванию риса без применения гербицидов (Рекомендации по возделыванию риса без применения гербицидов/ В. П. Амелин, Е. Б. Величко, С. А. Владимиров и др.; под общ. ред. Е. Б. Величко. – Краснодар: Производственное управление сельского хозяйства Краснодарского крайисполкома, 1983). Помимо усиления в рисовом севообороте доли люцерны, повышения качества планировки и обработки почвы, в рекомендациях представлен режим орошения риса, возделываемого без гербицидов. Первоначальное затопление рекомендуется выполнять слоем минимальной глубины – на 2-3 см выше повышенных точек поля. Через сутки проводится сброс не впитавшейся воды. После образования у риса первого и начала образования второго листа чеки затопливаются слоем 8-10 см. Слой поддерживается и при необходимости увеличивается до полного уничтожения просянок. Не рекомендуется создавать слой, избыточно перекрывающий высоту сорных растений. После уничтожения сорняков рекомендуется снижение слоя воды в чеках до 5 см и поддержание до начала кущения. Затем рекомендуется постепенное увеличение глубины затопления до 10-12 см и поддержание на таком уровне до прекращения подачи воды. Предусматривается к середине восковой спелости и началу полного созревания полная сработка слоя воды за счет испарения и фильтрации.

В 1987 году были опубликованы рекомендации по возделыванию риса по интенсивной технологии (Калинин А. П. Агрономическая тетрадь. Возделывание риса по интенсивной технологии / А. П. Калинин, Е. П. Алешин, М. И. Чеботарев. М.: Россельхозиздат, 1987). В составе рекомендаций также уделено внимание режиму орошения риса без применения противозлаковых гербицидов. После сева рекомендовано создание слоя воды 15 см. Ко времени наклевывания 70-75 % семян воду рекомендовано удалить с расчетом появления шилец вслед за уходом воды с чека. После обозначения рядков при наличии 1-го зеленого листа у риса и не более 2-х листов у ежевников посевы затопливаются слоем воды, перекрывающим всходы ежевников на 5-7 см. Далее осуществляется контроль состояния риса и ежевников. Как только ежевники побуреют, рекомендуется снизить уровень воды, чтобы листья риса были на поверхности.

Общими подходами к режиму орошения в вышепоказанных способах является наличие сброса воды с рисового поля на прорастание риса и далее после прорастания риса затопление поля с учетом превышения высоты сорняков на 5-7 см. Данный режим орошения по классификации относят к укороченному режиму орошения [1]. Однако

современная практика показывает, что при длительных сбросах воды растения просьянок успевают укрепиться настолько, что после повторного затопления рисовых чеков они преодолевают слой, превышающий их длину на 8-10 см, и выходят на поверхность вместе с растениями риса. Негативным моментом также является избыточное снижение слоя воды после гибели просьянок. При снижении уровня в чеке после побурения и отмирания просьянок ниже 12-15 см далее происходит вторичное прорастание и выход просьянок. Вторичные сорняки при высоких летних температурах быстро развиваются и наносят значительный ущерб посевам риса.

Вышепоказанные, на первый взгляд, простые рекомендации по подавлению сорняков за счет управления уровнем воды на практике без наличия средств автоматизации водораспределения являются сложно выполнимыми. Несоблюдение сроков повторного затопления или снижение уровня в чеке ниже рекомендованного приводит к резкому снижению эффективности безгербицидных режимов орошения. Сложность управления водным режимом без применения средств автоматизации при орошении риса и связанный с этим риск потери урожая при неэффективном подавлении сорняков в период 1985-2000 гг. привели к полному вытеснению безгербицидных технологий из широкого сельскохозяйственного производства.

Однако научные исследования, направленные на оптимизацию водопользования и повышение экологичности рисоводства, продолжались. И значимые результаты в области безгербицидного рисоводства были достигнуты на основе применения для борьбы с сорняками оптимального режима орошения риса. Таким режимом является режим постоянного затопления рисового поля, в котором слой воды поддерживается без сбросов от сева до созревания риса. Способность риса произрастать при постоянном затоплении от сева до созревания подтверждена исследованиями известного селекционера Г.Л. Зеленского [2]. Например, сорт риса Атлант рекомендован для возделывания в санитарных зонах без применения средств химической защиты от сорняков в связи с его способностью легко преодолевать слой воды до 30 см. Опубликован ряд результатов исследований по адаптации режима постоянного затопления для возделывания риса без применения гербицидов.

В результате исследований с 1990 г. по 1992 г., направленных на снижение агрохимической нагрузки на почвы и улучшение экологической обстановки зоны рисосеяния, А. В. Кольцовым [5] доказана возможность подавления сорняков слоем воды в режиме постоянного затопления. При соблюдении точности планировки $\pm 1,5$ см слой воды 3-5 см создавался при первом затоплении и поддерживался гидроавтоматами до окончания вегетационного периода (перед наступлением фазы выметывания слой увеличивался до 10 см). Урожайность риса, полученного с применением безгербицидной технологии, находилась на таком же уровне, как и при гербицидной технологии и составляла 6-7 т/га.

В 2014 году на сайте Федерального аграрного центра Республики Дагестан [8] опубликованы рекомендации по применению безгербицидной технологии возделывания риса. Режим орошения построен на основе режима постоянного затопления. При первоначальном затоплении рекомендован слой 10-12 см. После обозначения шилец рекомендован слой 12-15 см с последующим увеличением для борьбы с просьянками из условия превышения их высоты на 5-7 см. После побурения просьянок (приблизительно через 5-7 дней) слой снижается таким образом, чтобы листья риса находились на поверхности воды. В начале кущения (первые 7-8 дней) слой не более 5 см. Далее рекомендован слой 12-15 см до начала восковой спелости. Исследования показали, что сорта Дагестан-2, Регул, Лидер, Лиман пробивают 10-15 сантиметров слоя воды. На этом

основании всходы получают при понижении уровня затопления до 4-5 см без сброса воды. С учетом использования в качестве сидератов зеленой массы люцерны при весенней запашке урожайность безгербицидного риса для природных условий Республики Дагестан составила 5,6 т/га. При этом необходимо отметить, что в 2019 году достигнута средняя урожайность риса 4,6 т/га, которая отмечена как рекордная.

В Краснодарском крае производство органического риса осуществляет агропредприятие ООО «Наука плюс». Рис возделывается не только без применения гербицидов, но и без использования химических средств борьбы с болезнями и вредителями. Технология возделывания риса предусматривает в качестве режима орошения постоянное затопление (патент 2654741 (RU) «Способ возделывания органического риса»). После сева рис затопливается на 10-15 см и в конце фазы прорастания слой воды повышается до 25 см. Одновременно проводятся наблюдения за развитием сорняка – рисовой просянки. В начале гибели листового влагалища просянок понижают слой воды до 10-12 см, обеспечивая его прецизионное регулирование до восковой спелости риса. Особое значение при возделывании безгербицидного риса имеет прецизионное регулирование уровня режима рисовых чеков. Наилучшим вариантом прецизионного регулирования уровня в соответствии с реализуемым режимом орошения является применение средств гидроавтоматики. С 2016 года регулирование уровня рисовых чеков производственных посевов ООО «Наука плюс» осуществляется с использованием автоматических регуляторов уровня, разработанных в Кубанском ГАУ [6]. Для применения в условиях рисовых оросительных систем также адаптирован ряд конструкций автоматических регуляторов уровня воды нижнего бьефа, разработанных в Волгоградском ГАУ [7]. Необходимо отметить, что внедрение и накопление опыта эксплуатации средств автоматизации полива риса в течение трех лет привело к увеличению урожайности риса на 22 ц/га. Урожайность возделываемого сорта Регул до применения средств гидроавтоматики в 2015 году составила 41 ц/га. В 2016 урожайность выросла до 50,6 ц/га. В 2017, 2018 гг. урожайность соответственно составила 58,6 ц/га и 63 ц/га.

Применение средств автоматизации полива риса также благоприятно отражается на урожайности риса и при реализации укороченного режима орошения и применения гербицидов для борьбы с сорной растительностью. Экспериментально подтверждено, что урожайность риса на чеках, оборудованных гидроавтоматами для поддержания уровня, гарантированно увеличивается на 3-5 ц/га. Эксперимент, выполненный в 2011 году во ФГБНУ «ВНИИ риса», показал прибавку урожайности на чеках с автоматизированных поливом более 10 ц/га.

Результаты и обсуждение. Эффективное расширение внедрения безгербицидных технологий возделывания риса, на наш взгляд, возможно только при одновременном расширении внедрения средств автоматизации водораспределения. Гидроавтоматика регулирования уровня воды на рисовых чеках является страховкой и гарантией получения стабильного урожая риса. Расширение внедрения средств гидравлической автоматизации также гарантирует стабильный урожай и при традиционной технологии рисоводства. При этом в обоих случаях достигается значительный эффект экономии оросительной воды. Внедрение на рисовых оросительных системах автоматизированного управления в целях экономии водных ресурсов является общей тенденцией для стран рисосеяния. Так, например, в законодательстве Италии отмечается острая необходимость расширения и накопления знаний о потреблении воды на орошение и разработки систем повышения эффективности водопользования. В связи с этим в рисовой отрасли Италии выполняется проработка вопросов автоматизированного управления и дистанционного контроля подачи воды на рисовые системы [12]. Исходя из условий

среднеазиатского водопотребления оросительной воды на 1 кг риса-сырца [10] и средней урожайности риса по Краснодарскому краю [3], оросительная норма в каре должна составлять 15,0 тыс. м³/га. Однако в настоящее время этот показатель находится на уровне 19,3 тыс. м³/га.

Конструктивная серия регуляторов расходно-уровенного режима чеков и каналов рисовых систем, разработанных в КубГАУ [5, 6], обеспечивает возможность аккумуляции и использования для орошения риса атмосферных осадков. В Краснодарском крае в рисосеющих районах в период вегетации выпадает около 200 мм осадков, что составляет 2000 м³/га. Таким образом, за счет аккумуляции осадков гарантированная экономия водных ресурсов при автоматизированном поливе риса составляет не менее 10 % оросительной нормы.

Для обоснования эффективности технологий по внедрению средств гидроавтоматики рассмотрим экономические показатели внедрения технических средств и организационно-технологических мероприятий по автоматизации внутрихозяйственного звена рисовых систем.

Автоматизация рисовой оросительной системы требует инвестиций в технические средства регулирования водного режима и на проведение организационно-технологических мероприятий. Составляющие экономического эффекта следует оценивать с учетом специфики совершенствования рисовой оросительной системы.

Сопоставим два варианта формирования экономического эффекта при автоматизации внутрихозяйственного звена рисовых систем. Первый вариант – экономический эффект от автоматизации при использовании гербицидов (традиционная технология возделывания риса), второй – от автоматизации при реализации безгербицидных технологий.

Составляющими экономического эффекта для первого варианта являются повышение урожайности и экономия водных ресурсов. Для второго варианта при реализации безгербицидных технологий: повышение урожайности в безгербицидном рисоводстве за счет точного регулирования водного режима, исключение затрат на внесение гербицидов, экономия водных ресурсов. При этом мы получаем экологически чистую продукцию, цена реализации которой существенно выше традиционной.

Традиционная технология возделывания риса предусматривает проведение гербицидных обработок. Современные и наиболее распространенные в Краснодарском крае гербициды для рисовых посевов в 2016-2019 годах: Нарис, Намени, Цитадель, Пума, Оризон. Стоимость гербицидной обработки по данным рисосеющих хозяйств в 2019 году в среднем составляет около 5 тыс. руб./га. Часто в течение вегетационного периода проводят повторные гербицидные обработки. Таким образом, для расчетов удельные затраты по обработке посевов риса гербицидами принимаем на уровне 5 тыс. руб./га.

Экономический эффект, обусловленный снижением оросительной нормы риса при автоматизации, рассчитывается исходя из 10%-й величины снижения и соответствующей экономии водных ресурсов в объеме 1,93 тыс. м³/га в Краснодарском крае. При расчетах предполагается, что сэкономленные водные ресурсы могут быть использованы на повышение водообеспеченности рисовых систем (полив дополнительных площадей) либо на сокращение объемов забора воды из источника. В условиях напряженной водохозяйственной обстановки в бассейне реки Кубань данный фактор экономии водных ресурсов является достаточно весомым. При расчетах экономической эффективности он учитывается как стоимостная оценка достигаемого экологического эффекта:

$$\mathcal{E}_{\text{экол.}} = \Delta W_{\text{в.р.}} \cdot C, \quad (1)$$

где $\Delta W_{\text{в.р.}}$ – объем экономии водных ресурсов, 1,93 тыс. м³/га; C – налоговая ставка на забор водных ресурсов по бассейну Кубани, $C = 480$ руб./1000 м³ (Налоговый кодекс Российской Федерации. – М.: Омега-Л, 2005).

С 1 января 2005 года за пользование водными объектами установлен налог (глава 25.2 «Водный налог» Налогового кодекса РФ). При этом от водного налога освобожден забор вод из источников орошения земель сельскохозяйственного назначения:

$$\text{Э}_{\text{экол.}} = 480 \cdot 1,93 = 926,40 \text{ руб./га.}$$

Оценка эффективности инвестиционных проектов осуществляется путем рассмотрения варианта «с проектом» и сравнения с базовым вариантом «без проекта» [9]. Оценка эффективности предусматривает использование укрупненных осредненных значений технико-экономических показателей и учитывает их стохастический характер. Оценка проведена в расчете на 1 гектар орошаемой площади. Средняя рентабельность возделывания риса для Краснодарского края принята на уровне 40 %. Ниже приведены исходные расчетные технико-экономические показатели.

Базисный вариант:

Урожайность – 6,24 т/га (осредненные показатели по Краснодарскому краю за период 2014-2018 гг.).

Цена реализации риса-сырца – 17,5 тыс. руб./т.

Стоимость валовой продукции – 109,20 тыс. руб.

Затраты на производство продукции – 78,00 тыс. руб.

Первый проектный вариант:

Урожайность 6,74 т/га.

Цена реализации риса-сырца – 17,5 тыс. руб./т.

Стоимость валовой продукции – 117,95 тыс. руб.

Затраты на производство продукции – 84,25 тыс. руб.

Второй проектный вариант:

Урожайность 6,08 т/га.

Цена реализации безгербицидного риса-сырца – 33,00 тыс. руб./т.

Стоимость валовой продукции – 200,64 тыс. руб.

Затраты на производство продукции 143,30 тыс. руб.

Инвестиции (капитальные вложения) по первому и второму проектным вариантам составляют:

– канальный регулятор – 60,00 тыс. руб.;

– чековый регулятор – 25,00 тыс. руб.

На 144 га стандартного модуля рисовой системы Кубанская требуются 1-3 канальных регулятора и 24 чековых регулятора. Суммарная стоимость регуляторов составляет:

$$25,00 \cdot 24 = 600,00 \text{ тыс. руб.}$$

$$60,00 \cdot 1 = 60,00 \text{ тыс. руб.}$$

$$60,00 \cdot 3 = 180,00 \text{ тыс. руб.}$$

Сумма затрат на оборудование модуля системы Кубанская гидроавтоматами составляет от 660,00 тыс. руб. до 780,00 тыс. руб., т.е. в среднем 720,00 тыс. руб. на 144 га или в расчете на один га – 5,00 тыс. руб./га.

К инвестициям в проектных вариантах также относятся единовременные затраты на организацию работы автоматизированной системы. В состав этих затрат входят затраты на выполнение геодезических изысканий на участке автоматизации, затраты на выполнение инженерных расчетов и разработку рекомендаций по гидравлическому режиму оросительной системы, затраты на обучение эксплуатационного персонала и т.п. Организационные затраты в зависимости от уровня технологичности выполняемых мероприятий в среднем составляют 4,00 тыс. руб./га.

Таким образом, суммарные инвестиции на реализацию первого проектного варианта составляют 9,00 тыс. руб./га. А суммарные инвестиции на реализацию второго проектного варианта сокращаются за счет исключения стоимости гербицидных обработок и составляют 4,00 тыс. руб./га.

Эффективность инвестиционных проектов оценивается по интегральным показателям эффективности с использованием сальдо накопленного (за Т лет) денежного потока: чистого дисконтированного дохода (ЧДД), индекса доходности (ИД), внутренней нормы доходности (ВНД), срока окупаемости. В расчетах норма дисконтирования принята равной 20,0 % как для высокоэффективных проектов. Длительность планового (расчетного) периода времени 10 лет.

При оценке эффективности проекта использовалось программное обеспечение по расчету экономических показателей эффективности (ЧДД, ИД, ВНД, срока окупаемости). Программа представляет собой электронные таблицы MS Excel и разработана на основе действующих методик по оценке эффективности инвестиционных проектов (Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов – М.: Экономика, 2000).

Результаты расчетов представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Показатели эффективности первого варианта

Table 1 – Indicators of the effectiveness of the first option

Показатель / Indicator	
1. Чистый доход (ЧД), тыс. руб. / Net value (NV), thous. rbl.	3904,00
2. Дисконтированный чистый доход (ЧДД), тыс. руб. / Net present value, (NPV), thous. rbl.	2193,24
3. Срок окупаемости, лет / Payback period, years	3
4. Дисконтированный срок окупаемости, лет / Discounted payback period, years	3

Таблица 2 – Показатели эффективности второго варианта

Table 2 – Indicators of the effectiveness of the second option

Показатель/Indicator	
1. Чистый доход (ЧД), тыс. руб. / Net value (NV), thous. rbl.	36 345,60
2. Дисконтированный чистый доход (ЧДД), тыс. руб. / Net present value, (NPV), thous. rbl.	14 485,14
3. Срок окупаемости, лет / Payback period, years	1
4. Дисконтированный срок окупаемости, лет / Discounted payback period, years	1

Анализ показателей свидетельствует об эффективности и экономической целесообразности осуществления проекта. Величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД) по обоим вариантам больше нуля; индекс доходности (ИД) больше единицы; внутренняя норма доходности (ВНД) превышает норму дисконта, принятую в проекте. Дисконтированный срок окупаемости составляет по первому варианту 3 года; по второму варианту инвестиции окупаются в первый же год и приносят прибыль. Экологический эффект за счет экономии водных ресурсов составляет 0,93 тыс. руб./га.

Выводы. Уровенный режим рисового поля как способ борьбы с сорной растительностью применяется прогрессивными учеными и практиками России начиная с 70-х годов 20-го века. Рекомендовались варианты управления слоем воды в рамках укороченного режима орошения. В настоящее время в безгербицидном рисоводстве применяется режим постоянного затопления. Многие современные сорта риса адаптированы к постоянному

слою воды. Точное управление слоем затопления является гарантией получения высокого урожая риса. Точное управление слоем затопления обеспечивается за счет применения средств гидроавтоматики – инновационных чековых и канальных регуляторов уровня. Оборудование распределительных каналов и рисовых чеков средствами автоматизации сопряжено с единовременными инвестициями. Автоматизация полива риса также рекомендуется для повышения эффективности традиционного (с применением гербицидных обработок) рисоводства. Точность управления уровнем режимом, обеспечиваемая автоматизацией, благоприятно отражается на урожайности риса и обуславливает высокую эффективность инвестиций. В традиционном рисоводстве дисконтированный срок окупаемости составляет три года. Особая эффективность автоматизации отмечается в безгербицидном рисоводстве. Инвестиции здесь окупаются и приносят прибыль в течение первого года эксплуатации автоматизированной системы. Урожайность безгербицидного риса достигает уровня средней региональной урожайности. В результате безгербицидное рисоводство становится более привлекательным для сельхозпроизводителей и создаются условия для увеличения доли безгербицидного рисоводства в аграрном рисовом секторе России.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3(31).
2. Зеленский Г. Л. Рис: биологические основы селекции и агротехники: монография. Краснодар: КубГАУ, 2016. 238 с.
3. Малышева Н. Н., Кизинек С. В. Экономические аспекты производства риса на мелиоративных системах Краснодарского края // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1 (37). С. 200-216.
4. Мизенин А. И. Культура риса в приморском крае и проблемы ее развития (обзор-очерк) // Дальневосточный аграрный вестник. 2015. № 4 (36). С. 17-21.
5. Островский Н. В., Островский В. Т., Шишкин В. О. Опыт автоматизации рисовых оросительных систем в органическом рисоводстве // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 247-257.
6. Островский Н. В. Инновационные технические средства для экономии водных ресурсов при возделывании риса // Природообустройство. 2015. № 1. С. 72-77.
7. Пахомов А. А., Колобанова Н. А. Автоматизированное управление процессом водоподдачи с использованием гидравлических средств регулирования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4 (12). С. 168-178.
8. Ресурсосберегающая технология возделывания риса в Дагестане: методические рекомендации [Электронный ресурс] / Н. Р. Магомедов [и др.] // Официальный сайт ФГБНУ ДАГНИИСХ. Режим доступа: <https://fancrd.ru/2014/04/15/ресурсосберегающая-технология-возде/>
9. Шишкин В. О., Скачкова С. А. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов природообустройства и водопользования. Краснодар: КубГАУ, 2014. 128 с.
10. Alternative wetting and drying irrigation for rice in Bangladesh: is it sustainable and has plant breeding something to offer? / A. H. Price, G. J. Norton, D. E. Salt, O. Ebenhoeh, A. A. Meharg, C. Meharg, M. R. Islam, R. N. Sarma, T. Dasgupta, A. M. Ismail, K. L. McNally, H. Zhang, I. C. Dodd, W. J. Davies // Food and Energy Security. 2013. Vol. 2 (2) P. 120-129.
11. Biomass and elemental concentrations of 22 rice cultivars grown under alternative wetting and drying conditions at three field sites in Bangladesh / G. J. Norton, A. J. Travis, J. M. C. Danku, D. E. Salt, A. H. Price, M. Hossain, M. R. Islam // Food and Energy Security. 2017. Vol. 6(3). P. 98-112.
12. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy / D. Masseroni, C. Gandolfi, A. Facchi, J. Uddin, R. Tyrrell, I. Mareels // Journal of Agricultural Engineering. 2017. Vol. 48(1). P. 42-48.

Conclusion. The water level regime of the rice field has been practicing as the way of the weed control since the 70s of the 20th century. The options of shortened irrigation regimes were recommended. Today, a regime of constant flooding is being applied at the herbicide-free rice farming. Many of modern rice varieties are adapted to a constant layer of water. The guarantee of a high rice crop is an exact control of the flooding layer. Precise control of the flooding layer is provided by the use of hydraulic equipment - innovative check and channel level controllers. Equipping of distribution channels and rice checks with automation requires a one-time investment. The automation of rice irrigation is also recommended to increase the efficiency of traditional (with using herbicide treatments) rice growing. The accuracy of level control provided by automation congenially affects rice yields and determines the high efficiency of investment. In traditional rice growing, the discounted payback period is three years. Particular effectiveness of automation is noted in herbicide-free rice growing. Here, investments pay off and make a profit during the first year of operation of the automated system. A yield of herbicide-free rice is getting equal to the average yield of rice in the Krasnodar region. As a result, the herbicide-free rice growing is getting more attracted to agrarian producers and the conditions for an increase of part of herbicide-free rice growing in a Russian rice agrarian sector are being created.

Reference

1. Balakaj G. T., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodootvedeniya s risovyh orositel'nyh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2018. № 3(31).
2. Zelenskij G. L. Ris: biologicheskie osnovy selekcii i agro-tehniki: monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2016. 238 p.
3. Malysheva N. N., Kizinek S. V. Jekonomicheskie aspekty proizvodstva risa na meliorativnyh sistemah Krasnodarskogo kraja // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2020. № 1 (37). P. 200-216.
4. Mizenin A. I. Kul'tura risa v primorskom krae i problemy ee razvitiya (obzor-ocherk) // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2015. № 4 (36). P. 17-21.
5. Ostrovskij N. V., Ostrovskij V. T., Shishkin V. O. Opyt avtomatizacii risovyh orositel'nyh sistem v organicheskom risovodstve // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 3 (47). P. 247-257.
6. Ostrovskij N. V. Innovacionnye tehicheskie sredstva dlya jekonomii vodnyh resursov pri vozdeleyvanii risa// Prirodoobustrojstvo. 2015. № 1. P. 72-77.
7. Pahomov A. A., Kolobanova N. A. Avtomatizirovannoe upravlenie processom vodopodachi s ispol'zovaniem gidravlicheskih sredstv regulirovaniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2013. № 4 (12). P. 168-178.
8. Resursosberegayuschaya tehnologiya vozdeleyvaniya risa v Dage-stane: metodicheskie rekomendacii [Jelektronnyj resurs] / N. R. Magomedov [i dr.] // Oficial'nyj sajт FGBNU DAGNIISX. Rezhim dostupa: <https://fancrd.ru/2014/04/15/resursosberegayuschaya-tehnologiya-vozde/>
9. Shishkin V. O., Skachkova S. A. Metodicheskie rekomendacii po ocenke jeffektivnosti investicionnyh proektov prirodoobustrojstva i vodopol'zovaniya. Krasnodar: KubGAU, 2014. 128 p.
10. Alternative wetting and drying irrigation for rice in Bangladesh: is it sustainable and has plant breeding something to offer? / A. H. Price, G. J. Norton, D. E. Salt, O. Ebenhoeh, A. A. Meharg, C. Meharg, M. R. Islam, R. N. Sarma, T. Dasgupta, A. M. Ismail, K. L. McNally, H. Zhang, I. C. Dodd, W. J. Davies // Food and Energy Security. 2013. Vol. 2 (2) P. 120-129.
11. Biomass and elemental concentrations of 22 rice cultivars grown under alternative wetting and drying conditions at three field sites in Bangladesh / G. J. Norton, A. J. Travis, J. M. C. Danku, D. E. Salt, A. H. Price, M. Hossain, M. R. Islam // Food and Energy Security. 2017. Vol. 6(3). P. 98-112.
12. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy / D. Masseroni, C. Gandolfi, A. Facchi, J. Uddin, R. Tyrrell, I. Mareels // Journal of Agricultural Engineering. 2017. Vol. 48(1). P. 42-48.

Authors Information

Ovchinnikov Alexey Semenovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academic Supervisor, Head of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26.), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

Ostrovsky Nikolai Vyacheslavovich, associate Professor of the Department «Complex system of water supply» of the Federal State-funded Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Agrarian University» (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinina Str., 13), Doctor of technical science, associate Professor. E-mail: nik-ostrovskij@yandex.ru.

Shishkin Viktor Oktyabrievich, Professor of the Department «Strength of materials» of the Federal State-funded Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Agrarian University» (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinina Str., 13), Doctor of economic science, associate Professor. E-mail: vo2909@yandex.ru

Pakhomov Aleksander Alekseyevich, Professor of the Department «Applied geodesy, environmental management and water management» of the Volgograd State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (Russian Federation, 400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), Doctor of technical science, associate Professor. E-mail: pahomoff.1954@yandex.ru.

Ostrovsky Vyacheslav Vyacheslavovich, Scientific-Production Firm LLC «Konsul VNV» (Russian Federation, 350000, Krasnodar, Krugovaya Str., 26, lit. U), engineer, E-mail: idal@bk.ru.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, академик РАН, научный руководитель, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

Островский Николай Вячеславович, доцент кафедры «Комплексных систем водоснабжения» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), доктор технических наук, доцент, тел. +7(918)46-37-012, E-mail: nik-ostrovskij@yandex.ru.

Шишкин Виктор Октябрьевич, профессор кафедры «Сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой сопротивления материалов, тел. +7(918)-074-99-09, E-mail: vo2909@yandex.ru.

Пахомов Александр Алексеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор технических наук, доцент, тел. +7(906)-175-08-37, E-mail: pahomoff.1954@yandex.ru.

Островский Вячеслав Вячеславович, инженер научно-производственной фирмы ООО «Консул ВНВ» (РФ, 350000, г. Краснодар, ул. Круговая, 26 лит. Ю), E-mail: idal@bk.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-02

INFLUENCE OF WATER AND FOOD REGIMES ON RICE AGROCENOSIS DURING DRIP IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE VOLGA UPLAND

I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, A. B. Nevezhina, E. S. Vorontsova

*Federal State Budget Science Center
«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture»*

Received 10.03.2020

Submitted 15.08.2020

Abstract

Introduction. Rice is the most water-consuming crop, hence the problem of reducing available water resources on a global scale, and as a result, there is a shortage of irrigation water in the agricultural production industry and other needs. In our country, this affected the Krasnodar territory, the Rostov

region, in others - the countries of South-East Asia, Spain, Italy, etc. This actualized the need to develop water-saving methods that reduce rice water consumption. One of the ways to solve this problem is seen in the development and development of less water-consuming technology for rice irrigation, irrigation through certain periods when there is a decrease in soil moisture to a certain pre-irrigation threshold. **Object.** The object of research was an early-maturing variety of rice Volgograd. The norms of the variety's reaction to water and food regimes of the soil were studied. The purpose of the research was to justify the possibility of cultivating periodically watered rice on drip irrigation systems, differentiated by interphase periods of the water regime of the soil and ensuring its regulation of irrigation, doses of fertilizers that contribute to the planned yield. **Materials and methods.** The research was conducted at the experimental site of the Federal State Budget Science Center «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture». According to the first factor, the water regime of the soil: 1) during the growing season of rice, the humidity of the active soil layer of 0.6 m was maintained by 100-80% MWHC; 2) before the end of tillering of rice by option 1 in the layer 0.4 m from the beginning of tubing layer of drenching increased to 0.6 m; 3) water regime under option 2 until the beginning of wax ripeness of grain, and after a decrease in pre-irrigation moisture up to 100-70% HB. In the second factor, 3 doses of fertilizers were used: to obtain a yield of 5 t/ha of grain ($N_{109} P_{62} K_{75}$); 6 t/ha ($N_{131} P_{74} K_{90}$) and 7 t/ha ($N_{157} P_{90} K_{108}$). The research was accompanied by observations, accounting and measurements performed in compliance with the requirements of experimental techniques (B.A. Dospekhov, 1985; V.N. Pleshakov, 1983). Water-physical and agrophysical properties of the soil were determined by A. N. Kachinsky (1956) and A.A. Rode (1969), total water consumption - A.N. Kostyakov (1960), irrigation norms for drip irrigation - A.N. Kostyakov modified by I.P. Kruzhilin and others (2003). **Results and conclusions.** The most biologized water regime was formed when maintaining soil moisture in a layer of 0.4 m 100-80% HB from sowing to the end of tillering, and with the onset of tubulation, its increase to 0.6 m. If the average daily water consumption of plants decreases at the beginning of grain waxing, the threshold of soil moisture can be reduced from 100-80 to 100-70% MWHC. Provided such a water regime of soil in different weather conditions years of holding 13 or 16 irrigation, including from 2 to 5 was the norm of 250 m³/ha, 8-10 irrigations with norm of 370 m³/ha and irrigation norm 1 550 m³/ha. The average irrigation rate for 3 years was 4920 m³/ha, and the water consumption for irrigation of 1 ton of grain was 950 m³. This is by the first indicator 437 m³/ha less than the second option and approximately equal to the first. According to the second indicator, in the third variant of the water regime, the cost of irrigation water for obtaining 1 ton of grain was 50 m³ lower than the first and second, which contributes to saving irrigation water at least 250 m³/ha. The minimum yield, on average for 3 years 4.88 t / ha of grain, was obtained in the water regime option number one with the introduction of $N_{109} P_{62} K_{75}$ (5.0 t/ha). Maximum, 6.95 t/ha, in option number three when making $N_{157} P_{90} K_{108}$ (7.0 t/ha). The cost of irrigation water for the formation of 1 ton of grain with a yield close to 5 t/ha was 959-1011 m³, at 6 t/ha they decreased to 805-860 m³, 7 t/ha – 716-771 m³. Drip irrigation of rice is characterized by an effective reduction in irrigation water costs compared to the traditional method of cultivation in the Russian Federation, when the field is flooded with a layer of water in 3-5 or more times, sprinkling by 15-20%, the profitability of cultivation of this crop at different levels of productivity varied within 45-90 %.

Key words: rice, water regime, drip irrigation, water consumption, mineral fertilizers, productivity.

Citation. Kruzhilin I. P., Ganiev M. A., Rodin K. A., Nevezhina B. A., Vorontsova E. S. Irrigation of rice during drip irrigation in the conditions of the southern slope of the Volga upland. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 25-34 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-02.

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

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

УДК 631.674.6:633.18

**ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ НА РИСОВЫЙ АГРОЦЕНОЗ
ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО СКЛОНА
ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ****И. П. Кружилин**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН**М. А. Ганиев**, кандидат технических наук**К. А. Родин**, кандидат сельскохозяйственных наук**А. Б. Невежина**, кандидат сельскохозяйственных наук**Е. С. Воронцова***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 10.03.2020

Дата принятия к печати 15.08.2020

Актуальность. Рис – самая водопотребляющая культура, отсюда возникает проблема сокращения имеющихся водных ресурсов в глобальном масштабе и, как следствие, дефицит оросительной воды в сельскохозяйственной производственной отрасли. В нашей стране это коснулось Краснодарского края, Ростовской области, в других – стран Юго-Восточной Азии, Испании, Италии и др. Это актуализировало необходимость разработки водосберегающих методов, снижающих водопотребление риса. Одним из путей решения этой проблемы является разработка и освоение менее водотребовательной технологии орошения риса, проведение поливов через определённые периоды, когда происходит снижение влажности почвы до определённого предполивного порога. **Объект.** Объектом исследований был раннеспелый сорт риса Волгоградский. Изучались нормы реакции сорта на водные и пищевые режимы почвы. Целью исследований было обоснование возможности возделывания периодически поливаемого риса на системах капельного орошения, дифференцированного по межфазным периодам водного режима почвы и обеспечивающих его регламент поливов, доз внесения удобрений, способствующих получению планируемой урожайности. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке ВНИИОЗ. По первому фактору, водный режим почвы: 1) в период вегетации риса влажность активного слоя почвы 0,6 м поддерживалась 100-80 % НВ; 2) до конца кушения риса по варианту номер 1 в слое 0,4 м с начала трубкования слой промачивания увеличивался до 0,6 м; 3) водный режим по варианту 2 до начала восковой зрелости зерна, а после с снижением предполивной влажности до 100-70 % НВ. Во втором факторе были использованы 3 дозы удобрений: на получение урожайности 5 т/га зерна ($N_{109} P_{62} K_{75}$); 6 ($N_{131} P_{74} K_{90}$) и 7 т/га ($N_{157} P_{90} K_{108}$). Исследования сопровождались наблюдениями, учёт и измерениями, выполненными при соблюдении требований методик опытного дела (Доспехов Б. А., 1985; Плешаков В. Н., 1983). Водно-физические и агрофизические свойства почвы определялись по А. Н. Качинскому (1956) и А. А. Роде (1969), суммарное водопотребление – А. Н. Костякову (1960), поливные нормы при капельном орошении – А. Н. Костякову в модификации И. П. Кружилина и др. (2003). **Результаты и выводы.** Наиболее биологизированный водный режим сложился при поддержании почвенной влаги в слое 0,4 м 100-80 % НВ от посева до конца кушения, а с наступлением трубкования – увеличением его до 0,6 м. При снижении среднего за сутки потребления воды растениями в начале восковой зрелости зерна порог почвенной влажности можно снизить с 100-80 до 100-70 % НВ. Обеспечивался такой водный режим почвы в разные по погодным условиям годы проведением 13 или 16 поливов, в числе которых от 2 до 5 были нормой 250 м³/га, 8-10 поливов нормой 370 м³/га и 1 полив нормой 550 м³/га. Оросительная норма при этом в среднем за 3 года составила 4920 м³/га, а затраты воды на орошение 1 т зерна – 950 м³. Это по первому показателю на 437 м³/га меньше по сравнению со вторым вариантом и примерно равновелико с первым. По второму показателю в третьем варианте водного режима затраты оросительной воды на получение 1 т зерна, сложились на 50 м³ ниже первого и второго, что способствует экономии оросительной воды не менее 250 м³/га. Минимальная урожайность, в среднем за 3 года 4,88 т/га зерна, была получена в варианте водного режима номер один при внесении $N_{109} P_{62} K_{75}$ (5,0 т/га). Максимальная – 6,95 т/га – в варианте под номером три при внесении $N_{157} P_{90} K_{108}$ (7,0 т/га). Затраты оросительной воды на образование 1 т зерна при урожайности, близкой к 5 т/га, составляли

959-1011 м³, при 6 т/га они снижались до 805-860 м³, 7 т/га – 716-771 м³. Капельное орошение риса характеризуется эффективным снижением затрат оросительной воды по сравнению с традиционным способом возделывания в Российской Федерации, когда поле затапливается слоем воды в 3-5 и более раз, дождеванием – на 15-20 %, рентабельность культивирования этой культуры при разных уровнях урожайности изменялась в пределах 45-90 %.

Ключевые слова: *капельное орошение риса, водопотребление риса, минеральные удобрения, урожайность риса, рентабельность возделывания риса.*

Цитирование. Кружилин И. П., Ганиев М. А., Родин К. А., Невежина А. Б., Воронцова Е. С. Влияние водного и пищевого режимов на рисовый агроценоз при капельном орошении в условиях южного склона Приволжской возвышенности. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 25-34. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-02.

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. Рис – одна из самых важных зерновых культур. Несмотря на значительное производство во всём мире, он является самой водопотребляющей культурой. В большей части рис культивируют на затапливаемых слоем воды полях, оросительная норма при этом колеблется от 15 до 20 тыс. м³/га и более [1, 2, 3-6, 10]. И это при том что потребность рисового агроценоза в воде на эвапотранспирацию, т.е. испарение с водной и почвенной поверхности, изменяется в пределах 6-8 тыс. м³/га [3-6, 10].

В большинстве рисоводческих зон в связи с большими затратами воды на орошение возникает проблема сокращения имеющихся водных ресурсов в глобальном масштабе и, как следствие, дефицит оросительной воды в сельскохозяйственной производственной отрасли [7, 12]. В нашей стране это коснулось Краснодарского края, Ростовской области, других в регионах – стран Юго-Восточной Азии, Испании, Италии и др. Это актуализировало необходимость разработки водосберегающих методов, снижающих водопотребление риса [9, 11].

Вопросами научного обоснования орошения риса периодическими поливами Всероссийский НИИ орошаемого земледелия занимается с 1999 г. Основываясь на результатах исследований в ранние годы (Витте П. А., 1930; Абраменко В. Г., Багров М. Н., 1957; Величко Е. Б., Шумакова К. П., 1972; Ганиев М. А., Жезмер В. Б., 1995), одним из направлений исследований было выведение новых, так называемых аэробных сортов, способных произрастать без создания слоя воды на поле [8]. Одновременно с этим решались вопросы оценки норм реакции периодически поливаемого риса на водный режим почвы, дозы удобрений, сочетание управляемых факторов роста и развития для получения различных уровней урожайности, при различных способах полива в разные по условиям увлажнения годы. Анализ результатов исследователей (Кружилин И. П., Ганиев М. А., Родин К. А., Любушкин С. Н., 1999-2013), которые занимались орошением риса поверхностным поливом по полосам и бороздам, дождеванием, показывает, что получить на посевах периодически поливаемого риса урожайность на уровне 4-6 т/га зерна возможно при экономии оросительной воды в 3-5 раз по сравнению с постоянным поддержанием слоем воды на поле.

Материалы и методы. На опытном участке ФГБНУ ВНИИОЗ почвы светло-каштановые тяжелосуглинистые, содержание гумуса 1,6-1,8 %, азота – низкое, подвижного фосфора – среднее, обменного калия – повышенное. Наименьшая влагоёмкость почвы для расчётных слоёв 0,0-0,4 и 0,0-0,6 м составляет 24,9 и 23,8 % массы сухой почвы, плотность почвы – соответственно 1,27 и 1,29 т/м³.

Исследования проводились в 2013-2015 гг. на посевах риса сорта Волгоградский (патент № 2681). Посев осуществляли в третьей декаде апреля и первой декаде при прогревании почвы до 14 °С с помощью сеялки СН-16. Полив производился путем капельной системы «Netafim». Расстояние между капельными линиями составляло 0,6 м, между капельницами – 0,4 м, расход воды – 2,2 л/час.

Во время проведения исследования суммарное количество среднесуточной температуры воздуха с апреля по сентябрь составило в 2013 г. 3605,7 °С; в 2014 г. – 3637,3 °С и в 2015 г. – 3574,7 °С, а сумма атмосферных осадков – соответственно 306,9 мм; 104,9 мм и 235,4 мм. Таким образом, период вегетации в 2013 г. по уровню обеспеченности осадками оценивается как влажный, в 2014 г. – среднесухой, в 2015 г. – средневлажный.

Схема опыта включала в себя два фактора, первым из которых являлись три варианта водного режима почвы: 1) в период вегетации риса влажность активного слоя почвы 0,6 м поддерживалась 100-80 % НВ; 2) до конца кущения риса по варианту 1 в слое 0,4 м с начала трубкования слой промачивания увеличивался до 0,6 м; 3) водный режим по варианту 2 до начала восковой зрелости зерна с последующим снижением предполивной влажности до 100-70 % НВ. Второй фактор заключался в использовании трех вариантов доз внесения удобрений: на получение урожайности 5 т/га зерна (N₁₀₉ P₆₂ K₇₅); 6 (N₁₃₁ P₇₄ K₉₀) и 7 т/га (N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈).

Данное исследование проводилось в соответствии со стандартными методиками полевого опыта (Плешаков В.Н., 1983; Доспехов Б.А., 1985 и др.) в трехкратной повторности и закладывалось при одноярусном систематическом расположении вариантов по режимам орошения и рандомизированно по дозам внесения удобрений.

Результаты и обсуждение. Обработка результатов исследований показала, что для поддержания первого водного режима почвы, по годам 2013, 2014 и 2015 г., нужно 12, 15 и 13 поливов каждый нормой 370 м³/га, при общей норме 4440, 5550 и 4610 м³/га.

Во втором варианте количество поливов нормой 370 м³/га снизилось до 10, 13 и 13, но прибавилось по 4, 5 и 2 поливов каждый нормой 250 м³/га.

В варианте номер три количество поливов нормой 250 м³/га было таким же, как и во втором, а вот нормой 370 м³/га – снизилось до 8, 10 и 10. Но в период межфазья воскового-полного формирования зерна был проведен 1 полив нормой 550 м³/га.

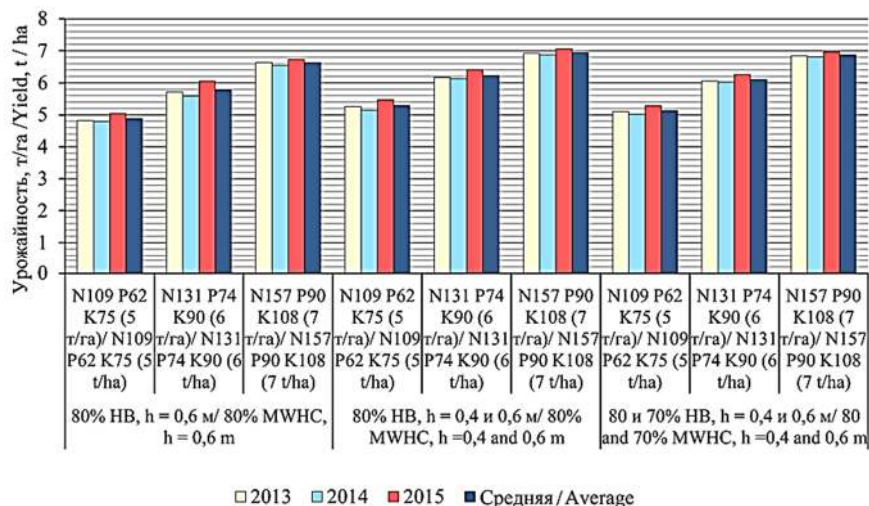
В среднем за 2013-2015 гг. максимальная урожайность 6,95 т/га зерна была получена в варианте номер два водного режима при внесении N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈ (рисунок 1).

Минимальная урожайность в среднем за 3 года 4,88 т/га зерна была получена в варианте номер один водного режима с внесением удобрений N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ (5,0 т/га). В варианте водного режима под номером три урожайность риса при сравнении с вариантом под номером два снизилась на 80 кг/га, но была больше по сравнению с вариантом водного режима под номером один на 230 кг/га.

Необходимо обратить внимание на то, что урожайность 5 и 6 т/га зерна сформировалась при 1, 2 и 3 водных режимах при внесении N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ и N₁₃₁ P₇₄ K₉₀. Урожайность 7 т/га зерна была сформирована в этих же водных режимах, но внесение удобрений увеличилось до N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈. Однако минимальные отклонения от планируемой урожайности риса получены во втором и третьем вариантах водного режима (таблица 2).

Представленная информация в таблице 2 указывает на то, что при почвенной влажности 100-80 % НВ второй водный режим до окончания кущения в слое 0,4 м и снижением его до 0,6 м с началом трубкования риса, затраты поданной на поле воды на единицу формируемого урожая были самыми высокими. Менее водотребовательный

по затратам оросительной воды был третий вариант водного режима, где почвенная влажность держалась по второму варианту до начала восковой зрелости зерна, а после снижалась до 100-70 % НВ.



HCP₀₅: 2013 г. – 0,2563; 2014 г. – 0,1424; 2015 г. – 0,1767
NSR₀₅: 2013 - 0.2563; 2014 - 0.1424; 2015 - 0.1767

Рисунок 1 – Влияние антропогенно-регулируемых факторов на урожайность риса, т/га

Figure 1 – Influence of anthropogenic-regulated factors on rice yield, t/ha

Таблица 2 – Сочетание управляемых факторов для получения планируемой урожайности риса (среднее за 2013-2015 гг.)

Table 2 – A combination of controlled factors for obtaining the planned rice yield (average for 2013-2015)

Урожайность, т/га / Yield, t/ha		Отклонение от планируемой, % / Deviation from planned, %	Сочетание факторов / Combination of factors		Оросительная норма, м³/га / Irrigation rate, m³/ha	Затраты оросительной воды, м³/т / The cost of irrigation water, m³/t
планируемая / planned	фактическая / actual		предполивная влажность почвы, % НВ / pre-irrigation soil moisture, % MWHC	дозы минеральных удобрений, кг д.в./га / doses of mineral fertilizers, kg d. V./ha		
5,00	4,88	-2,4	80, h = 0,6 м	N ₁₀₉ P ₆₂ K ₇₅	4933	1011
	5,29	+5,8	80, h = 0,4 и 0,6 м		5357	1013
	5,13	+2,6	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м		4920	959
6,00	5,70	-3,0	80, h = 0,6 м	N ₁₃₁ P ₇₄ K ₉₀	4933	854
	6,23	+3,8	80, h = 0,4 и 0,6 м		5357	860
	6,11	+1,83	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м		4920	805
7,00	6,64	-5,1	80, h = 0,6 м	N ₁₅₇ P ₉₀ K ₁₀₈	4933	743
	6,95	-0,71	80, h = 0,4 и 0,6 м		5357	771
	6,87	-1,86	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м		4920	716

Обеспечивался такой водный режим почвы в разные по погодным условиям годы проведением 13 или 16 поливов, в числе которых от 2 до 5 были нормой 250 м³/га, 8-10 поливов – нормой 370 м³/га и 1 полив – нормой 550 м³/га. Оросительная норма при

этом в среднем за 3 года составила 4920 м³/га, а затраты воды на орошение 1 т зерна – 950 м³. Это по первому показателю на 437 м³/га меньше по сравнению со вторым вариантом и примерно равновелико с первым. По второму показателю в третьем варианте водного режима затраты оросительной воды на получение 1 т зерна, сложились на 50 м³ ниже первого и второго, что способствует экономии оросительной воды не менее 250 м³/га.

Эффективность капельного орошения риса характеризуется уменьшением количества затраченной на орошение воды в 3-5 и более раз по сравнению с традиционным в Российской Федерации затоплением чеков слоем воды, на 15-20 % по сравнению с дождеванием. Рентабельность возделывания данной культуры в зависимости от уровня урожайности изменяется в пределах 45-90 %.

Выводы. При подведении научных результатов исследований можно утверждать, что культивирование риса на системах капельного орошения связано со снижением подаваемой на поле оросительной воды и высокой рентабельностью. Дальнейшее его культивирование по менее водотребовательной технологии связано с увеличением сортов толерантных к отсутствию слоя воды на поверхности почвы, также по возможности посевы риса распределять на очищенных от сорных растений полях, при необходимости вносить химические средства защиты культурных растений от сорняков, сочетать оптимальный водный режим почвы с дозами внесения удобрений, рассчитанных на получение планируемой урожайности.

Согласно проведенному исследованию, самым рациональным вариантом стал водный режим с поддержанием в почвенном слое 0,4 м влажности на уровне 100-80 % НВ с последующим его увеличением при наступлении трубкования до 0,6 м. При уменьшении среднего за сутки потребления воды растениями в начале восковой зрелости зерна порог почвенной влажности можно снизить с 100-80 % НВ до 100-70 % НВ.

Для поддержания данной схемы водного режима почвы на системах капельного орошения в разные по сумме и распределению осадков годы в условиях Нижнего Поволжья требуется проведение 13-16 поливов: поливной нормой 250 м³/га – 2-5 поливов; 370 м³/га – 8-10 поливов и 550 м³/га – 1 полив. Доза удобрений N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ совместно с приведенным выше водным режимом почвы способствует получению урожайности риса на уровне 5,0 т/га с превышением в среднем за три года на 2,6%; на фоне N₁₃₁ P₇₄ K₉₀ – 6,0 т/га с превышением на 1,8% и N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈ – 7 т/га с недобором до планируемого уровня на 1,9 %.

Эффективность капельного орошения риса характеризуется уменьшением количества затраченной на орошение воды в 3-5 и более раз по сравнению с традиционным в Российской Федерации затоплением чеков слоем воды, на 15-20 % – по сравнению с дождеванием. Рентабельность возделывания данной культуры в зависимости от уровня урожайности изменяется в пределах 45-90 %.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водопотребления с рисовых оросительных систем // Научный журнал: Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3(31). С. 1-22. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22.
2. 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.
3. Водный режим почвы и дозы макроудобрений при возделывании риса на системах капельного орошения / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, К. А. Родин, Н. Н. Дубенок, Н. М. Абду // Научно-теоретический журнал: Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 12-15.

4. Ионова Л. П., Арыкбаев Р. К. Агробиологические и экономические аспекты выращивания Российских и Иранских сортов риса рассадным способом при прерывистом орошении в условиях дельты Волги // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 3. С. 43-56.

5. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, К. А. Родин, Н. В. Кузнецова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 49-55. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-4.

6. Сочетание природных и антропогенно-регулируемых условий для получения различной урожайности риса с использованием систем капельного орошения / И. П. Кружилин, Н. Н. Дубенок, М. А. Ганиев, В. В. Мелихов, Н. М. Абду, К. А. Родин // Научно-теоретический журнал: Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 41-44.

7. Agronomic growth performance of super rice under water-saving irrigation methods with different water-controlled thresholds in different growth stages / C. Zheng, Z. Zhang, S. Hao, Y. Pan, Z. Wang // Agronomy. 2020. V. 10. I. 2. P. 239. DOI: 10.3390/agronomy10020239.

8. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi, K. S. Vanitha, S. Mohandass, Senthilvel, Eli Vered // Indian Journal of Plant Physiology. 2015. V. 20. P. 50-56.

9. Influence of water stress on phenological development, biomass production and yield of Malaysian aerobic and lowland rice / N. K. Zaman, M. Y. Abdullah, S. Othman, N. K. Zaman // Australian Journal of Crop Science. 2019. V. 13. P. 1927-1935. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.12.p1384.

10. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhillin, N. N. Doubenok, M. A. Ganiev, A. S. Ovchinnikov, V. V. Melikhov, N. M. Abdou, K. A. Rodin, S. D. Fomin // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.

11. Selected soil water tensions at phenological phases and mineral content of trace elements in rice grains – mitigating arsenic by water management / J. T. da Silva, F. P. Paniz, F. E. S. Sanchez, J. M. Barbat Parfitt, B. L. Batista // Agricultural Water Management. 2020. V. 228 (20). 105884. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105884.

12. Schneider P., Asch F. Rice production and food security in Asian Mega deltas-A review on characteristics, vulnerabilities and agricultural adaptation options to cope with climate change // Journal of Agronomy and Crop Science. 2020. V. 206. N.4. P. 491-503. DOI: 10.1111/jac.12415.

Conclusions. The results obtained in the course of research have shown that it is possible to cultivate rice on drip irrigation systems with a significant reduction in irrigation rates and high profitability. The main conditions for the successful development of the recommended innovative rice irrigation technology are the presence of aerobic or tolerant varieties to unsaturated soil, the placement of crops in fields cleared of weeds, the use, if necessary, of a system for protecting crops from weeds, and the combination of an optimal water regime of the soil with doses of fertilizers calculated to obtain the planned yield. The most rational water regime proved to be the option where the soil moisture was maintained at 100-80% MWHC from sowing to the end of the tillering phase in a layer of 0.4 m with subsequent increase to 0.6 m. In the phase of the beginning of waxy maturation of grain due to a decrease in the average daily water consumption of plants, the pre-irrigation threshold of soil moisture should be reduced from 100-80 to 100-70% MWHC. To maintain the water regime of the soil according to this scheme, drip irrigation systems in different years of precipitation in the Lower Volga region require from 13 to 16 watering operations, including 2-5 watering operations with the norm of 250 m³/ha, 8-10-with the norm of 370 m³/ha and 1 - with the norm of 550 m³/ha. The combination of this water regime with a fertilizer dose of N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ ensures a rice yield of 5.0 t/ha with an average increase of 2.6% over three years, against the background of N₁₃₁ P₇₄ K₉₀-6.0 t/ha with an excess of 1.8% and a dose of N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈ – 7 t/ha with a shortfall to the planned level of 1.9%. The efficiency of drip irrigation of rice is characterized by a decrease in irrigation water consumption compared to the traditional in the Russian Federation flooding checks with a layer of water by 3-5 or more times, sprinkling by 15-20%, the profitability of cultivation of this crop, depending on the level of productivity, varied in the range of 45-90%.

Reference

1. Balakaj G. T., Dokuchaeva L. M. K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodopotrebleniya s risovyh orositel'nyh sistem // Nauchnyj zhurnal: Rossijskogo NII problem melioracii. 2018. № 3(31). P. 1-22. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22.
2. Borodychev V. V., Dedova Je. B., Shabanov R. M. Tehnologiya vzdelyvaniya risa na meliorativnyh sistemah obshchego naznacheniya pri oroshenii dozhdevaniem // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1 (45). P. 20-29.
3. Vodnyj rezhim pochvy i dozy makroudobrenij pri vzdelyvanii risa na sistemah kapel'nogo orosheniya / I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, N. N. Dubenok, N. M. Abdu // Nauchno-teoreticheskij zhurnal: Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 2. P. 12-15.
4. Ionova L. P., Arykbaev R. K. Agrobiologicheskie i jekonomicheskie aspekty vyraschivaniya Rossijskih i Iranskih sortov risa rassadnym sposobom pri preryvistom oroshenii v usloviyah del'ty Volgi // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 3. P. 43-56.
5. Menee vodozatravnaya i jekologicheskij predpochtitel'naya tehnologiya orosheniya risa periodicheskimi polivami / I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, N. V. Kuznecova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2 (54). P. 49-55. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-4.
6. Sochetanie prirodnyh i antropogenno-reguliruemym uslovij dlya polucheniya razlichnoj urozhajnosti risa s ispol'zovaniem sistem kapel'nogo orosheniya / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, V. V. Melihov, N. M. Abdu, K. A. Rodin // Nauchno-teoreticheskij zhurnal: Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2016. № 5. P. 41-44.
7. Agronomic growth performance of super rice under water-saving irrigation methods with different water-controlled thresholds in different growth stages / C. Zheng, Z. Zhang, S. Hao, Y. Pan, Z. Wang // Agronomy. 2020. V. 10. I. 2. P. 239. DOI: 10.3390/agronomy10020239.
8. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi, K. S. Vanitha. S. Mohandass. Senthilver, Eli Vered // Indian Journal of Plant Physiology. 2015. V. 20. P. 50-56.
9. Influence of water stress on phenological development, biomass production and yield of Malaysian aerobic and lowland rice / N. K. Zaman, M. Y. Abdullah, S. Othman, N. K. Zaman // Australian Journal of Crop Science. 2019. V. 13. P. 1927-1935. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.12.p1384.
10. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, A. S. Ovchinnikov, V. V. Melikhov, N. M. Abdou, K. A. Rodin, S. D. Fomin // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.
11. Selected soil water tensions at phenological phases and mineral content of trace elements in rice grains – mitigating arsenic by water management / J. T. da Silva, F. P. Paniz, F. E. S. Sanchez, J. M. Barbat Parfitt, B. L. Batista // Agricultural Water Man-agemen. 2020. V. 228 (20). 105884. DOI: 10.1016 / j.agwat.2019.105884.
12. Schneider P., Asch F. Rice production and food security in Asian Mega deltas-A review on characteristics, vulnerabilities and agricultural adaptation options to cope with climate change // Journal of Agronomy and Crop Science. 2020. V. 206. N.4. P. 491-503. DOI: 10.1111/jac.12415.

Authors Information

Kruzhilin Ivan Panteleevich -chief scientific officer of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002 Volgograd, Timiryazev str., 9), Academician of the Russian Academy of Sciences, tel: (8442) 60-24-36, e-mail: vnioz@yandex.ru.

Ganiev Muslim Abdulayevich-senior researcher, Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), Acandidate of technical Sciences, tel: (8442) 60-24-39, e-mail: vnioz@yandex.ru.

Rodin Konstantin Anatolyevich, senior research fellow of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002 Volgograd, Timiryazev str., 9), Acandidate of agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Nevezhina Ainagul Berkbaevna, research associate of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), Acandidate of agricultural Sciences, tel.8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru.

Vorontsova Elena Sergeevna, Researcher, Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), tel.8(8442) 60-23-22, e-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Кружилин Иван Пантелеевич, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), академик Российской академии наук, тел: (8442) 60-24-36, e-mail: vnioz@yandex.ru.

Ганиев Муслим Абдулаевич, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат технических наук, тел: (8442) 60-24-39, e-mail: vnioz@yandex.ru.

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, 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: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-03

THE ROLE OF SNOW RESERVES IN THE FORMATION OF SURFACE RUNOFF MELTWATER ON AGRICULTURAL LANDFOREST-STEPPE ZONE OF THE RUSSIAN PLAIN

A.T. Barabanov

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation
«Russian Academy of Sciences», 400062, Volgograd, Russia*

Received 30.07.2020

Submitted 02.09.2020.

Summary

The article considers the role of snow reserves in the meltwater surface runoff formation in interaction with other natural factors (depth of freezing and soil moisture). With a small depth of soil freezing (up to 50 cm) or moisture reserves less than 120 mm (in a layer of 0-50 cm), the runoff is not formed independently of snow reserves. At the factors levels over the mentioned, the runoff depends on snow reserves, but in interaction with soil moisture. Humidity plays an active role, while snow reserves play a passive role. The more moisture reserves in the soil, the more snow water goes to the runoff formation.

Abstract

Introduction. Protecting soils from erosion is a complex issue. Its solution is very important. It should be solved by developing a system of measures to manage the erosion-hydrological process based on knowledge of the regularities of the formation of surface melt water runoff in the drainage basin. To solve it, an integrated approach to flow regulation is required by identifying the influence of natural and anthropogenic factors on it. Very important in understanding the patterns of formation of melt water runoff is its connection with natural factors and especially with snow reserves. When predicting runoff, snow reserves are unreasonably assigned a very large role. The volume of surface runoff is often associated with the amount of water in the snow in the catchment. The more snow, the more runoff is expected. As a result, erroneous forecasts appear, which lead to catastrophic consequences in the regulation of spring floods. For example, when planning the spring release regime on the Volga-Kama cascade of reservoirs, often with very large snow reserves in the Volga drainage basin, a large inflow of water into the reservoirs is expected, but it turns out to be insignificant, but it happens on the contrary - with relatively small water reserves in the snow, the runoff from the drainage basin is large. In fact, the role of snow storage in the formation of runoff is very complex. **Materials and methods.** The object of the research was to study the regularities of the formation of surface melt water runoff under the influence of natural factors: snow reserves, soil moisture and the depth of its freezing in interaction. The aim of the study was to identify the role of snow storage in the formation of runoff. As a result of our research and generalization of the materials of other researchers, a large long-term material was

obtained, which made it possible to draw important conclusions. The methodological basis of our experiments was the methods used in various related sciences, adapted to the set goals and objectives. Experimental studies were carried out at the Novosilskaya Zonal Agroforestry Experimental Station named after A.S. Kozmenko (now a branch of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences) in the Oryol region in stationary experiments using the method of runoff sites. It allows you to identify patterns of flow formation differentially on different types of soils, types of land and arable land. For this, drainage plots with a width of 20 m and a length of 100 m were laid. At the same time, snow surveying, observations and determination of meteorological indicators (temperature, air humidity, precipitation, wind, cloudiness, etc.), freezing, thawing, soil moisture, bulk soil mass were carried out, melt water runoff, soil washout, etc. The height of the snow was measured with a snow gauge along the profiles every 4 m in 3-5 repetitions, snow density - with a weight snow gauge in 20 m in 3 repetitions. The depth of soil freezing was determined by drilling wells, digging pits and using Danilin's permafrost meters, soil moisture - by the thermostat-weight method. The melt water runoff was taken into account on triangular weirs with a 45° cut angle. Measurements of the runoff at the weirs were made after an hour, and at the time of the peak of the discharge, after half an hour. All other indicators were determined according to generally accepted proven methods. **Results and conclusion.** Our task was to determine the influence of natural factors on runoff. We have experimentally established and theoretically substantiated the relationship between the surface runoff of melt water and snow reserves in interaction with other natural factors. Water reserves in snow (snow reserves) play an important role in the formation of runoff in interaction with other factors. It is assessed ambiguously. Under some combination of some conditions (the soil is thawed or frozen less than 50 cm), snow reserves do not at all affect the formation of runoff, and with others (the depth of freezing is more than 50 cm), they are the most important factor in its formation in interaction with soil moisture. When the moisture reserves in it are less than 120 mm (in the 0–50 cm layer), runoff is not formed regardless of the snow reserves. At levels of factors above these, runoff depends on snow reserves, but in interaction with soil moisture. Humidity plays an active role, snow reserves are passive, that is, snow reserves do not directly affect the runoff. It depends on the moisture reserves in the soil. The more the soil is moistened, the less snow water is used for absorption and the more for the formation of runoff. Thus, the amount of runoff depends to a large extent on snow reserves, but it depends on the depth of freezing and soil moisture. It was also carried out the construction of regression models of the formation of runoff at a depth of soil freezing deeper than 50 cm. This will allow a new approach to the assessment of the hydrological process on agricultural land and carry out important applied developments.

Key words: *surface runoff, erosion of soils, snow cover, soil moisture, depth of freezing.*

Citation. Barabanov A.T. The role of snow reserves in the formation of surface runoff meltwater on agricultural landforest-steppe zone of the Russian plain. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 34-45 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-03.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study.

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

УДК 631.6.02

РОЛЬ СНЕГОЗАПАСОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ РУССКОЙ РАВНИНЫ

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

*«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 30.07.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Защита почв от эрозии – сложная проблема. Решение ее очень актуально. Решаться она должна путем разработки системы мероприятий по управлению эрозионно-гидрологическим процессом на основе знания закономерностей формирования поверхностного стока талых вод на водосборном бассейне. Для ее решения необходим комплексный подход к регулированию стока путем выявления влияния на него природных и антропогенных факторов.

Важное значение в познании закономерностей формирования стока талых вод имеет связь его с природными факторами, и особенно со снегозапасами. При прогнозировании стока снегозапасам необоснованно отводится очень большая роль. Часто объем поверхностного стока связывают с запасами воды в снеге на водосборе. Чем больше снега, тем больший ожидают сток. В результате появляются ошибочные прогнозы, которые приводят к катастрофическим последствиям при регулировании весенних паводков. Например, при планировании режима весеннего пуска на Волжско-Камском каскаде водохранилищ часто при очень больших снегозапасах на водосборном бассейне Волги ожидают большой приток воды в водохранилища, но он оказывается незначительным, а бывает наоборот – при относительно небольших запасах воды в снеге сток с водосбора бывает большой. На самом деле роль снегозапасов в формировании стока очень сложная. **Материалы и методы.** Объектом исследований было изучение закономерностей формирования поверхностного стока талых вод под влиянием природных факторов: снегозапасов, влажности почвы и глубины ее промерзания во взаимодействии. Целью исследования было выявление роли снегозапасов в формировании стока. В результате наших исследований и обобщения материалов других исследователей получен большой многолетний материал, позволивший сделать важные выводы. Методической основой наших экспериментов были методы, используемые в разных смежных науках и адаптированные к поставленным целям и задачам. Экспериментальные исследования проводились на Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А. С. Козменко (ныне филиал ФНЦ агроэкологии РАН) в Орловской области в стационарных опытах с применением метода стоковых площадок. Он позволяет выявить закономерности формирования стока дифференцированно на различных разновидностях почв, видах угодий и пашни. Для этого закладывались стоковые площадки шириной 20 м и длиной 100 м. При этом проводили снегомерные съемки, наблюдения и определения метеорологических показателей (температура, влажность воздуха, осадки, ветер, облачность и др.), промерзания, оттаивания, влажности почвы, объемной массы почвы, стока талых вод, смыва почвы и др. Высоту снега измеряли снегомерной рейкой по профилям через 4 м в 3-5-ти кратной повторности, плотность снега – весовым снегомером через 20 м в 3-х кратной повторности. Глубину промерзания почвы определяли путем бурения скважин, выкопки шурфов и по мерзлотомерам Данилина, влажность почвы – термостатно-весовым методом. Сток талых вод учитывали на треугольных водосливах с углом выреза 45°. Замеры стока на водосливах производили через час, а во время пика расхода через полчаса. Все другие показатели определялись по общепринятым апробированным методикам. **Результаты и выводы.** Нашей задачей было определение влияния природных факторов на сток. Нами экспериментально установлена и теоретически обоснована связь поверхностного стока талых вод со снегозапасами во взаимодействии с другими природными факторами. Важную роль в формировании стока играют запасы воды в снеге (снегозапасы) во взаимодействии с другими факторами. Она оценивается неоднозначно. При некотором сочетании одних условий (почва талая или промерзла меньше 50 см) снегозапасы совсем не влияют на формирование стока, а при других (глубина промерзания больше 50 см) – они являются важнейшим фактором его формирования во взаимодействии с влажностью почвы. При запасах влаги в ней меньше 120 мм (в слое 0–50 см) сток не формируется независимо от снегозапасов. При уровнях вышеуказанных факторов сток зависит от снегозапасов, но во взаимодействии с увлажнением почвы. Влажность играет активную роль, снегозапасы – пассивную, то есть снегозапасы непосредственно на сток не влияют. Он зависит от запасов влаги в почве. Чем больше увлажнена почва, тем меньше снеговой воды идет на впитывание и тем больше – на формирование стока. Таким образом, от снегозапасов величина стока зависит в значительной степени, но в зависимости от глубины промерзания и влажности почвы. Было также осуществлено построение регрессионных моделей формирования стока при глубине промерзания почвы глубже 50 см. Это позволит по-новому подойти к оценке гидрологического процесса на сельскохозяйственных угодьях и осуществить важные прикладные разработки.

Ключевые слова: *поверхностные стоки, эрозия почв, снегозапасы, влажность почв, глубина промерзания почв.*

Цитирование. Барабанов А. Т. Роль снегозапасов в формировании поверхностного стока талых вод на сельскохозяйственных землях лесостепной зоны Русской равнины. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 34-45. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-03.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Фундаментальная проблема – защита почв от эрозии должна решаться путем регулирования поверхностного стока на основе знания закономерностей его формирования на водосборном бассейне. Она является очень актуальной и до сих пор не решенной. Это очень сложная задача, и решаться она должна комплексно. Для ее решения необходимо выявить влияние на сток природных и антропогенных факторов и определить пути использования этих фундаментальных разработок в прикладной науке и на практике. Нашей задачей было определение влияния природных факторов на сток с разных видов пашни и сельхозугодий на основе анализа и обобщения своих экспериментальных данных, литературных и фондовых материалов. Важную роль в формировании стока играют запасы воды в снеге (снегозапасы) во взаимодействии с другими факторами. Чаще всего снегозапасам отводят необоснованно большую роль. В результате даются прогнозы низкой точности, а иногда и ошибочные, которые приводят к отрицательным последствиям при регулировании весенних паводков на реках. На самом деле роль снегозапасов в формировании стока оценивается неоднозначно. При некотором сочетании природных факторов снегозапасы совсем не влияют на формирование стока, а при других – они играют важнейшую роль в его формировании, но во взаимодействии с влажностью почвы [1]. Это нами экспериментально доказано и теоретически обосновано. Было также осуществлено построение регрессионных моделей формирования стока при глубине промерзания почвы глубже 50 см. **Объект.** Объектом исследований было изучение закономерностей формирования весеннего склонового стока под влиянием природных факторов на серых лесных почвах в лесостепи европейской части Российской Федерации. **Материалы и методы.** Исследования проводились на Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А. С. Козменко (ныне филиал ФНЦ агроэкологии РАН) в Орловской области. Методологической и методической основой наших экспериментов были разные методы, применяемые в смежных науках (гидрология, почвоведение, агролесомелиорация, география, математика), адаптированные к целям и задачам агролесомелиорации и адаптивно-ландшафтного земледелия.

Теоретические исследования основывались на анализе многолетних (свыше 50 лет) материалов экспериментальных исследований и обобщении литературных данных по оценке влияния природных и антропогенных факторов на формирование стока. При этом анализировались данные, полученные при применении водно-балансовых методов: стоковых площадок и репрезентативных водосборов. Экспериментальные исследования осуществлялись в стационарных опытах с применением метода стоковых площадок. Этот метод позволяет исследовать процесс формирования стока дифференцированно на различных почвах, видах угодий и пашни. Это очень важно учитывать при прогнозировании стока и принятии управленческих решений по его регулированию [9]. Для выявления роли природных факторов в формировании стока закладывались стоковые площадки шириной 20 м и длиной 100 м. При этом проводили снегомерные съемки, наблюдения и определения метеорологических показателей (температура, влажность воздуха, осадки, ветер, облачность и др.), промерзания, оттаивания, влажности почвы, стока талых вод, смыва почвы и др. Высоту снега измеряли снегомерной рейкой по профилям через 4 м в 3-5-ти кратной повторности, плотность снега – весовым снегомером через 20 м в 3-х кратной повторности. Глубину промерзания почвы определяли путем бурения скважин, выкопки шурфов и по мерзлотомерам Данилина, влажность почвы – термостатно-весовым методом на глубину до 50 см, 100 см, и 150 см через каждые 10 см. Сток талых

вод учитывали на треугольных водосливах с углом выреза 45° . Замеры стока на водосливах производили через час, а во время пика расхода – через полчаса. Все другие показатели определялись по общепринятым апробированным методикам. В исследованиях использовались статистический и генетический подходы. В своих исследованиях мы выявляем генезис явлений и процессов, находим причины их проявления, определяем факторы, на которые необходимо воздействовать, чтобы управлять этими процессами.

Результаты и обсуждение. На Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А. С. Козменко (ныне филиал ФНЦ агроэкологии РАН) в 1958 году были развернуты большие работы по изучению гидрологических процессов на серых лесных почвах лесостепи с целью разработки противоэрозионных мероприятий. Эти исследования проводятся до настоящего времени. В результате получен очень большой экспериментальный материал [2]. Анализ и обобщение его позволили сформулировать важные теоретические положения и практические выводы, уточняющие представления об эрозионно-гидрологическом процессе, которые позволили по-новому трактовать процесс инфильтрации талых вод в мерзлую почву. Они дают представление о закономерностях и особенностях формирования поверхностного стока и методах воздействия на него. Это позволит по-новому подойти к оценке гидрологического процесса на сельскохозяйственных угодьях и осуществить важные прикладные разработки.

В познании закономерностей формирования стока талых вод важное значение имеет выявление связи его с природными факторами и особенно со снегозапасами, так как очень часто объем поверхностного стока связывают с запасами воды в снеге на водосборе [7, 8, 10]. Чем больше снега, тем больший ожидают сток. Анализ существующих методов расчета стока показал, что большинство исследователей формирование весеннего стока справедливо рассматривают как многофакторный процесс [4, 6-9, 12]. Однако часто очень большая роль в формировании стока в этих уравнениях отводится снегозапасам [7], хотя учитываются и другие факторы, но им отводится небольшая роль. Некоторые связывают формирование стока только со снегозапасами [8, 11]. По данным других исследователей [3, 4, 7, 9, 13], поверхностный сток зависит от снегозапасов, глубины промерзания и влажности почвы, интенсивности таяния снега, температурного режима во время стока, рельефа и др. Таким образом, анализ материалов, характеризующих роль природных факторов в формировании поверхностного стока, не позволяет однозначно оценить ее.

Обобщение результатов наших исследований и многих поколений ученых Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А. С. Козменко – филиала ФНЦ агроэкологии РАН (Орловская обл.) за период с 1959 по 2015 гг. позволило дать аргументированную оценку роли природных факторов в формировании поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных земель. При этом использовались материалы Е. А. Гаршинёва (1959, 1960, 1964 и 1966 гг.); А. Т. Барабанова, М. М. Ломакина, Е. Я. Тубольцева (1967-1975 гг.); Н. Е. Петелько (1976-1979 гг.); В. П. Борца (1980 г.); А. И. Петелько (1981-2016 гг.); В. П. Борца (1981-1984 гг.); А. Т. Барабанова, Ю. Н. Коблева, А. И. Петелько, В. А. Ивановой (1985-2016 гг.). Было выявлено, что сток талых вод формируется под влиянием только трех природных факторов: глубины промерзания, влажности почвы и снегозапасов. Анализ роли этих факторов осуществлен в работе [1]. Здесь мы проанализируем влияние снегозапасов на формирование стока во взаимодействии с другими факторами, так как в литературе часто можно встретить ошибочный тезис об их решающей роли (таблица). Анализ данных, приведенных в таблице, показал, что прямой зависимости поверхностного стока талых вод от снегозапасов, т. е. больше снега – больше сток, нет. В многоснежные зимы (снегозапасы свыше 100 мм) сток на рых-

лой пашне в отдельные годы (1959, 1967) формировался очень большой — 108 и 146 мм при снегозапасах 146 и 186 мм, а в другие годы (1968, 1981) при снегозапасах 162 и 169 мм стока совсем не было. Так, из 25 многоснежных зим 11 лет сток не сформировался, а в остальные годы он был средний и очень большой. В малоснежные зимы при снегозапасах меньше 100 мм сток не сформировался 13 лет из 32, три года он был незначительный, а в остальные годы величина его была на среднем уровне при снегозапасах, варьирующих от 22 до 97 мм. Так, при запасах воды в снеге 86 и 91 мм сток не сформировался, а при снегозапасах 70 и 96 мм он был соответственно 51 и 96 мм. На уплотненной пашне величина стока также по годам колебалась независимо от снегозапасов. В многоснежные зимы, например, в 1959 г. при запасах воды в снеге 135 мм сток был 106 мм, в 1979 г. при таких же снегозапасах он был лишь 45 мм, в 1960 г. при снегозапасах в 150 мм величина стока составила 117 мм, а при снегозапасах 102-115 мм (2005, 2006, 2009 гг.) сток вообще не сформировался. В малоснежные зимы при запасах воды в снеге 91 и 97 мм стока не было, а при снегозапасах 49 мм сформировался сток 44 мм. В многоснежные годы сток отсутствовал 3 года из 24, а в малоснежные — 7 лет из 21. Парный корреляционный анализ связи стока со снегозапасами показал отсутствие прямой зависимости его от запасов воды в снеге. Коэффициент корреляции на рыхлой пашне составил 0,13, стандартная ошибка 38,4. На уплотненной пашне эти показатели были соответственно 0,43 и 35,4. Однако это не значит, что от снегозапасов величина стока не зависит. Средняя величина стока в многоснежные и малоснежные годы сильно различается. На рыхлой пашне в многоснежные годы она была 30 мм, а в малоснежные — 11 мм. На уплотненной пашне эти показатели были соответственно 45 и 20 мм, т. е. снегозапасы влияют на сток в значительной степени, но во взаимодействии с другими факторами — влажностью почвы и глубиной ее промерзания. Снегозапасы, особенно характер снегоотложения влияют на промерзание почвы.

Таблица – Влияние снегозапасов на формирование поверхностного стока талых вод на серых лесных почвах лесостепи, Орловская обл.

Table – Influence of snow reserves on the formation of surface runoff of meltwater on gray forest soils of forest-steppe, Oryol region

Год / Year	Снегозапасы перед снеготаянием + осадки за период снеготаяния, мм /Snow cover before snowmelt + precipita- tion for the period of snowmelt, mm	Сток, мм / Runoff, mm	Год / Year	Снегозапасы перед снеготаянием + осадки за период снеготаяния, мм / Snow cover before snowmelt + precipi- tation for the period of snowmelt, mm	Сток, мм / Runoff, mm
1	2	3	4	5	6
Рыхлая пашня (зябь) / loose arable land (winter)			Уплотненная пашня (многолетние травы, озимые) / compacted arable land (perennial grasses, winter crops)		
Многоснежные зимы / Snowy winters					
1959	146	108	1959	135	106
1960	136	81	1960	150	117
1963	116	61	1963	115	71
1964	121	58	1964	113	91
1967	186	146	1966	105	3
1968	169	0	1967	186	186
1970	192	83	1968	145	26

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
1971	154	52	1970	221	94
1976	137	0	1977	149	20
1977	138	12	1978	177	20
1979	128	37	1979	135	45
1980	135	29	1980	153	42
1981	162	0	1981	132	15
1982	100	2	1982	100	5
1985	128	0	1985	119	2
1987	149	27	1986	175	36
1988	118	21	1987	160	40
1994	139	40	1988	123	42
1995	114	0	1994	142	50
1999	144	0	1995	118	4
2005	115	0	2003	152	71
2006	137	0	2005	115	0
2010	106	0	2006	111	0
2011	122	0	2009	102	0
2013	122	0			
Среднее / Average value	137	30	Среднее / Average value	139	45
Малоснежные зимы / Snowless winters					
1961	32	7	1961	22	12
1962	22	13	1962	23	21
1965	70	51	1965	60	46
1966	77	4	1969	80	51
1969	66	24	1971	81	39
1972	56	15	1972	56	15
1973	62	29	1973	53	31
1974	50	29	1974	49	44
1975	86	0	1975	89	0
1978	91	0	1976	89	0
1983	97	2	1983	91	27
1984	41	12	1984	67	18
1986	77	33	1989	52	0
1989	55	0	1990	49	25
1990	44	23	1991	89	52
1991	84	34	1992	85	0
1992	88	0	1993	45	14
1993	42	17	1996	89	26
1996	81	29	2004	97	0
1997	56	1	2007	62	0
1998	48	0	2008	83	0
2000	57	0	-	-	-
2001	81	0	-	-	-
2002	58	0	-	-	-
2003	96	46	-	-	-
2004	86	0	-	-	-

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
2007	79	0	-	-	-
2008	76	0	-	-	-
2009	97	0	-	-	-
2012	86	0	-	-	-
2014	35	0	-	-	-
2015	58	0	-	-	-
Среднее / Average value	67	11	Среднее / Average value	67	20

Промерзание и увлажнение почвы также взаимосвязаны. Мерзлая почва способна удерживать больше влаги, чем талая.

Анализ связи стока с влажностью почвы и глубиной ее промерзания показал, что на серых лесных почвах лесостепи она сложная и неоднозначная. Наибольшее влияние на сток оказывает глубина промерзания почвы. В годы, когда почва была талая или она промерзла не глубже 50 см, сток не формировался при широком диапазоне изменения уровней других факторов – запасов воды в почве и снеге. Запасы воды в почве (в слое 0-50 см) в эти годы колебались от 123 до 248 мм, в снеге – от 35 до 177 мм. При промерзании почвы свыше 50 см формируется сток разной величины, он зависит не от дальнейшего увеличения глубины промерзания почвы, а от уровня ее увлажнения и запасов воды в снеге. В годы с промерзанием почвы на глубину 52-182 см всегда формировался сток и величина его колебалась от 17 до 150 мм вне зависимости от глубины промерзания почвы. При глубине ее промерзания 182 см сток был 22 мм, при промерзании на 76 см сформировался сток 150 мм, при промерзании на глубину 165 см сток составил 46 мм, при глубине 80 см – 55 мм и т. д. Парный коэффициент корреляции связи стока с глубиной промерзания составил всего 0,04, а стандартная ошибка – 32,2. В условиях глубокого промерзания почвы сток формируется в зависимости от запасов воды в почве и снеге. В почве запасы воды в эти годы колебались от 151 до 248, а в снеге – от 42 до 211 мм. Влагозапасы в почве как фактор стока следующим образом воздействуют на него при глубине ее промерзания свыше 50 см. В годы, когда запасы воды в слое почвы 0-50 см менее 123-129 мм, стока не было независимо от снегозапасов и глубины промерзания почвы. Запасы воды в снеге изменялись в широком диапазоне (51-113 мм), а глубина промерзания была большая (120-130 см). То есть, если в почве перед снеготаянием запасы влаги низкие, то даже при очень глубоком промерзании и больших снегозапасах она сохраняет высокую впитывающую способность и сток не формируется. Таким образом, лимитирующим фактором формирования стока в эти годы был уровень увлажнения почвы. Влажность почвы в этом случае играет активную роль в формировании стока, а снегозапасы – пассивную, то есть снегозапасы непосредственно на сток не влияют. Он зависит от запасов влаги в почве. Чем больше увлажнена почва, тем меньше снеговой воды идет на впитывание и тем больше – на формирование стока. От влажности зависит объем свободного порового пространства, которое обуславливает водопоглощение. Нами ранее было установлено, что усвоение мерзлой почвой влаги определяется дефицитом влажности оттаявшего до окончания снеготаяния слоя почвы, то есть почва способна усвоить количество снеговой воды, равное объему пор, не занятых почвенной влагой, а остальная талая вода стекает. Таким образом, снегозапасы непосредственно не влияют на инфильтрацию почвы, но от них зависит объем стекающей талой воды. Я здесь не рассматриваю влияние снежного покрова (характера снегоотложения) на глубину промерзания почвы как фактор формирования поверхностного стока талых вод.

Многолетние исследования за период с 1959 по 2015 год показали, что на рыхлой пашне сток 38 лет из 49-ти отсутствовал. Решающую роль в его отсутствии играли глубина промерзания и увлажнение почвы перед снеготаянием [1]. Из 52-х лет 34 года он отсутствовал в годы, когда глубина промерзания была меньше 50 см, 3 года – с низкими запасами влаги в почве при глубоком ее промерзании (свыше 50 см). В некоторые годы сток отсутствовал под влиянием двух факторов одновременно: глубины промерзания и запасов влаги в верхнем (0-50 см) слое почвы. В годы, когда формировался сток, глубина промерзания была всегда большая – 60-165 см. На уплотненной пашне сток отсутствовал 10 лет из 30-ти в годы, когда почва была талая или промерзала на небольшую глубину, – до 30 см. В годы, когда формировался сток, глубина промерзания почвы была большой, она колебалась от 55 до 150 см.

Все это подтверждается открытым мной законом лимитирующих факторов стока талых вод, суть которого состоит в том, что *при некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не формируется независимо от уровня двух других* [1].

Для условий с глубоким промерзанием почвы (свыше 50 см) множественный корреляционно-регрессионный анализ связи стока V_z , V_n с запасами влаги в почве W_n и снеге перед снеготаянием W_c позволил получить следующие уравнения регрессии:

$$\text{на рыхлой пашне } (R = 0,93, M_{yx} = 12,4) \quad V_z = -141 + 0,80W_n + 0,38W_c, \quad (1)$$

$$\text{на уплотненной пашне } (R = 0,81, M_{yx} = 13,3) \quad V_n = -16,3 + 0,15W_n + 0,34W_c. \quad (2)$$

На рыхлой пашне коэффициенты уравнений и график на рисунке показывают, что сток в большей степени зависит от увлажнения мерзлой почвы, чем от запасов воды в снеге, а на уплотненной пашне – наоборот.

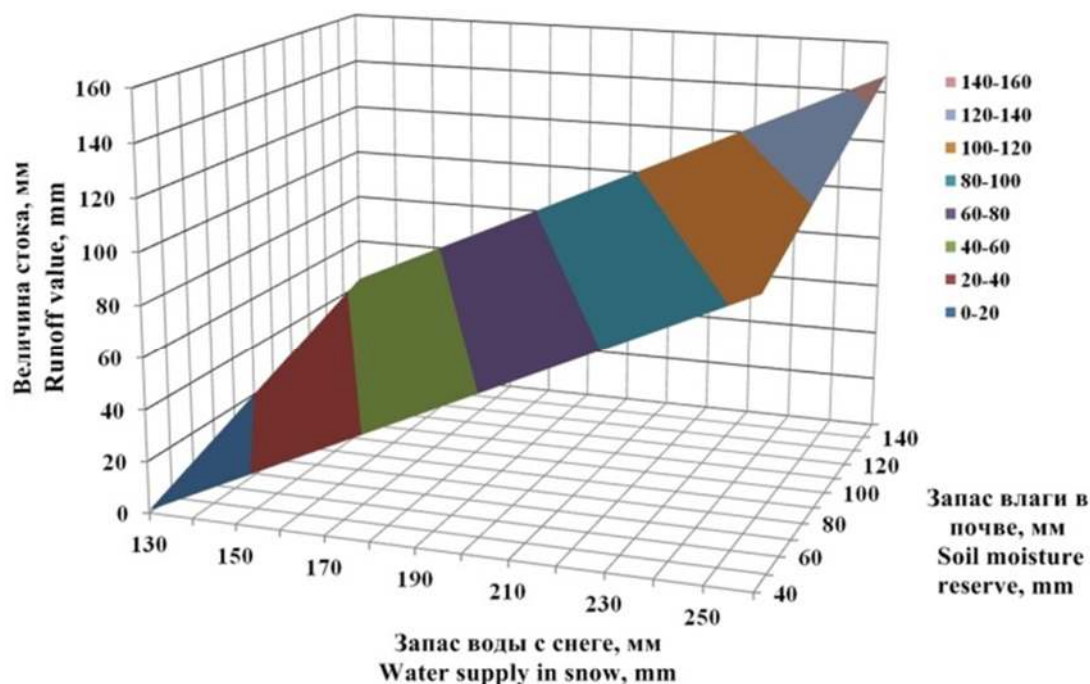


Рисунок – Трехмерная модель связи стока талых вод с запасами воды в почве и снеге

Figure – Three-dimensional model of the relationship between the melt water runoff and water reserves in soil and snow

Связь стока с глубиной промерзания почвы в эти годы также отсутствует. Парный коэффициент корреляции составляет всего 0,13, а стандартная ошибка 42,5.

Расчет стока по уравнениям (1), (2) дает довольно близкую сходимость с экспериментальными данными.

Таким образом, на формирование стока талых вод на серых лесных почвах в лесостепи Русской равнины оказывают существенное влияние только три природных фактора: глубина промерзания почвы, ее увлажнение и снеготаяния перед снеготаянием.

Выводы. На основе многолетних исследований и обобщения материалов по влиянию на сток талых вод природных факторов на серых лесных почвах в лесостепи Русской равнины установлена роль снеготаяния во взаимодействии с другими природными факторами в его формировании. Важнейшими факторами формирования стока являются глубина промерзания почвы, ее увлажнение и снеготаяния перед снеготаянием. Влияние этих факторов на сток происходит в сложном взаимодействии. Снеготаяния напрямую не влияют на сток, но от их количества зависит его величина и связано это с глубиной промерзания и увлажнением почвы. Глубина промерзания специфически влияет на формирование стока. Если почва талая или она промерзла на глубину не более 50 см, то сток не формируется, так как она обладает высокой впитывающей способностью, обеспечивающей поглощение всей снеговой воды. При промерзании почвы свыше 50 см сток совсем не зависит от ее глубины, он формируется в зависимости от запасов влаги в верхнем (0-50 см) слое почвы и запасов воды в снеге. При этом роль снеготаяния зависит от степени увлажнения почвы. Разработанные регрессионные уравнения зависимости стока от этих факторов на разных видах пашни (зябь, озимые, многолетние травы и др.) позволяют по-новому подойти к оценке гидрологического процесса и осуществить важные прикладные разработки.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
2. Барабанов А. Т., Петелько А. И. Прогнозирование поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий в лесостепной части бассейна Волги // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 1-7. DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-5
3. Долгов С. В., Коронкевич Н. И., Барабанова Е. А. Современные изменения поверхностного стока и инфильтрации талых вод на сельскохозяйственных угодьях в лесостепной и степной зонах Русской равнины и их последствия // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 4. С. 78-91.
4. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734-743.
5. Коронкевич Н. И., Георгиади А. Г., Ясинский С. В. О гидрологических изменениях // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 739-744.
6. Моделирование процессов противозерозионного земледелия и агролесомелиорации / А. В. Панфилов [и др.] // Аграрный науч. журн. 2017. № 9. С. 19-23.
7. Мухин В. М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. 2014. Вып. 351. С. 108-140.
8. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги / Н. И. Алексеевский [и др.] // Вода: химия и экология. 2013. № 4. С. 3-12.
9. Панов В. И. Потери атмосферных осадков с незащищенных полей в степном засушливом субрегионе, их существенное снижение и стабилизация гидроресурсного потенциала земледелия созданием лесомелиорированных (лесоаграрных) бассейновых агроэколандшафтов // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т.18. № 2(2). С. 472-478.

10. Шабаетов А. И. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие: избранные труды. Саратов: НИИСХЮВ, 2017. 648 с.

11. Шепель П. А. Специальный весенний попуск паводковых вод Волги. Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1990. 191 с.

12. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. №3(3). P. 443-463.

13. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Conclusion. Based on years of research and synthesis of materials to influence the flow of melt water of natural factors on gray forest soils in forest-steppe of the Central-Chernozem zone the role of snow cover in interaction with other natural factors in his Fort formation.

The most important factors in the formation of runoff are snow reserves, moisture and the depth of freezing of the soil before snowmelt. The influence of these factors on the flow occurs in a complex interaction. Snow reserves do not directly affect runoff, but their amount depends on its value and this is due to the depth of freezing and soil moisture. The depth of freezing specifically affects the formation of runoff. If the soil is thawed or frozen to a depth of no more than 50 cm, the runoff is not formed, since it has a high absorption capacity that ensures the absorption of all snow water. When the soil freezes over 50 cm, the runoff does not depend on its depth at all, it is formed depending on the moisture reserves in the upper (0-50 cm) layer of the soil and the water reserves in the snow. The role of snow reserves depends on the degree of soil moisture.

The developed regression equations of the flow dependence on these factors on different types of arable land (winter, winter, perennial grasses, etc.) allow us to take a new approach to the assessment of the hydrological process and implement important applied developments.

References

1. Barabanov A. T. Erosive-hydrological assessment of the interaction of natural and anthropogenic factors in the formation of surface runoff of meltwater and adaptive landscape agriculture. Volgograd: Federal research CENTER of Agroecology RAS, 2017. 188 p.

2. Barabanov A. T., Petelko A. I. Forecasting of surface runoff of TA-ly waters from agricultural lands in the forest-steppe part of the Volga basin // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: science and higher professional education. 2018. No. 4 (52). P. 1-7. DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-5

3. Dolgov S. V., Koronkevich N. I., Barabanova E. A. Modern changes in surface runoff and infiltration of meltwater on agricultural land in the forest-steppe and steppe zones of the Russian plain and their consequences // Water management in Russia: problems, technologies, management. 2018. No. 4. P. 78-91.

4. Komissarov M. A., Gabbasova I. M. Soil erosion during snowmelt on the polar slopes in the southern Urals // Pedology. 2014. No. 6. P. 734-743.

5. Koronkevich N. I., Georgiadi A. G., Yasinsky S. V. About hydrological changes // Questions of geography. 2018. No. 145. P. 739-744.

6. Modeling of processes of anti-erosion agriculture and agroforestry / A. V. Panfilov, P. N. Proezdov, A. V. Rozanov, A. V. Karpushkin // Agrarian scientific journal 2017. No. 9. P. 19-23.

7. Mukhin V. M. Methods of forecasting water inflow to reservoirs during the spring flood // Proceedings Of The Hydrometeorological Center Of Russia. Hydrometeorological forecasts. 2014. Issue 351. P. 108-140.

8. Assessment of the impact of climate change on the water regime and flow of rivers in the Volga basin / N. I. Alekseevsky, N. P. Frolova, M. M. Antonova, M. I. Igonina // Water: chemistry and ecology. 2013. No. 4. Pp. 3-12.

9. Panov V. I. Losses of atmospheric precipitation from unprotected fields in the steppe arid sub-region, their significant reduction and stabilization of the hydro-resource potential of agriculture by the creation of forest-reclaimed (forest-agrarian) basin agroecolandscapes // Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. 2016. Vol. 18. No. 2 (2). P. 472-478.

10. Shabaev A. I. Selected works. Soil erosion and the adaptive-landscape agriculture. Saratov: YISHUV, 2017. 648 p.

11. Sheppel P. A. Special spring release of flood waters of the Volga. Volgograd: Nizhne-Volzhskoe publishing house, 1990. 191 p.

12. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. №3(3). P. 443-463.

13. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Authors Information

Barabanov Anatoly Timofeyevich, chief scientific officer-head of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, pr. Universitetsky, 97), doctor of agricultural sciences, barabanov-a@vfanc.ru

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, barabanov-a@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-04

CRITICAL TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF PREVIOUS LAND FOR ORGANIC PRODUCTION

V. A. Shevchenko, V. V. Borodychev, M. N. Lytov

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

Received 10.07.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

The possibility and prospects of the development of long-term unused, including the former reclaimed lands for the production of organic products, are being investigated. Conditions are formalized for optimizing a package of critical technologies in solving this problem based on a system of target and technological functions.

Abstract

Introduction. The development of previously abandoned, including the former reclaimed agricultural land for the production of organic farming products is one of the promising options for solving the problem of unused lands in Russia. Organic agriculture, as well as the features of land development with long-term uncontrolled successions, impose special requirements on the agricultural technologies used. This is especially true of technologies related to ensuring the phytosanitary purity of crops, regulating the regime of mineral nutrition and expanded reproduction of soil organic matter, as well as solving the problem of optimal water supply for crops. These areas are unique in terms of the range of requirements for technologies, and the technologies themselves can rightfully be considered «critical» in the development of long-term unused agricultural lands for the production of organic products. **Object.** The object of research is technologies and complexes of agricultural technologies used for the production of organic products, taking into account the peculiarities of the development of not used for a long time, including the former reclaimed agricultural lands. **Materials and methods.** The aim of the research is to formalize the conditions for optimizing the package of critical technologies for the development of previously abandoned lands for the production of organic products. The research methodology is based on the analysis of available technologies used in accordance with the principles

of organic farming, the features of the construction of agro-technological complexes in the development of long-term unused agricultural lands with the formalization of target and technological functions at the level of mathematical abstraction. **Results and conclusions.** The research formalized the conditions for optimizing the package of critical technologies for the development of previously abandoned lands when organizing the production of organic products. Target and technological functions have been formulated, which make it possible to systematically assess the complex effect of technologies on various factors of plant life and the dependence of target criteria on the combined action of a number of technologies from the composition of the designed technological complex. Regarding the group of tasks to ensure the safe phytosanitary state of sowing, the target function is set by minimizing the generalized coefficient of the phytosanitary state of sowing, determined by the product of the density of colonization of unwanted biological objects (weeds, pests, plant pathogens) by the coefficient of their individual harmfulness. Actually, the very density of the population of harmful objects is determined by the ratio before and after the application of the technology through the function of the influence of this very technology. Regarding the group of tasks to ensure the expanded reproduction of soil fertility, the target function is set by maximizing the coefficient of reproduction of organic matter with a zero balance of formation and consumption of available nutrients. Regarding the problem of ensuring optimal water supply for sowing, the target function is set by minimizing the root-mean-square deviation of soil moisture from the level optimal for the cultivated crop with the least resource consumption for the technology implementation. Technological functions are represented by a system of equations that determine the influence of each of the evaluated technologies on the regulated components of the water balance and the water-physical properties of the soil. The joint solution of the system of technological functions, taking into account the proposed formulation of the objective function, makes it possible to design optimal technological complexes with the fullest consideration of the requirements for organic agriculture and the peculiarities of the development of long-term unused agricultural lands.

Key words: *fallow land, renewal, organic farming, critical technologies, optimization.*

Citation. Shevchenko V. A., Borodychev V.V., Lytov M.N. Critical technologies for the development of previous land for organic production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 45-61 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-04.

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

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

УДК 631.67: 631.171

КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ РАНЕЕ БРОШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

В. А. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

В. В. Бородычев, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А. Н. Костякова (Волгоградский филиал)

Дата поступления в редакцию 10.07.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Освоение ранее брошенных, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения для производства продукции органического земледелия, является одним из перспективных вариантов решения проблемы неиспользуемых земель в России. Органическое сельское хозяйство, равно как и особенности освоения земель с длительно не контролируемыми сукцессиями предъявляют особые требования к применяемым агротехнологиям. Особенно это касается технологий, связанных с обеспечением фитосанитарной чистоты посевов, регулированием режима минерального питания и расширенного воспроиз-

водства органического вещества почвы, а также с решением проблемы оптимального водообеспечения посевов. Эти направления уникальны по спектру предъявляемых к технологиям требований, а сами технологии по праву могут считаться «критическими» при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель для производства органической продукции. **Объект.** Объектом исследований являются технологии и комплексы агротехнологий, применяющихся для производства органической продукции с учетом особенностей освоения длительно не используемых, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. **Материалы и методы.** Целью исследований является формализация условий для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции. Методология исследований базируется на анализе имеющихся технологий, применяемых в соответствии с принципами органического земледелия, особенностей построения агротехнологических комплексов при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель с формализацией целевых и технологических функций на уровне математической абстракции. **Результаты и выводы.** Исследованиями формализованы условия для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель при организации производства органической продукции. Сформулированы целевые и технологические функции, позволяющие системно оценивать комплексное влияние технологий на различные факторы жизни растений и зависимость целевых критериев от совокупного действия ряда технологий из состава проектируемого технологического комплекса. Относительно группы задач по обеспечению благополучного фитосанитарного состояния посева целевая функция задана минимизацией обобщенного коэффициента фитосанитарного состояния посева, определяемого произведением плотности заселения нежелательными биологическими объектами (сорняки, вредители, растительные патогены) на коэффициент их индивидуальной вредоносности. Собственно, сама плотность заселения вредоносными объектами определяется отношением до и после применения технологии через функцию воздействия этой самой технологии. Относительно группы задач по обеспечению расширенного воспроизводства плодородия почвы целевая функция задана максимизацией коэффициента воспроизводства органического вещества при нулевом балансе образования и расходования доступных питательных элементов. Относительно проблемы обеспечения оптимального водообеспечения посева целевая функция задана минимизацией среднеквадратичного отклонения влажности почвы от оптимального для возделываемой культуры уровня при наименьших затратах ресурсов на реализацию технологии. Технологические функции представлены системой уравнений, определяющих влияние каждой из оцениваемых технологий на регулируемые компоненты водного баланса и водно-физические свойства почвы. Совместное решение системы технологических функций с учетом предложенной постановки целевой функции позволяет проектировать оптимальные технологические комплексы при наиболее полном учете требований к органическому сельскому хозяйству и особенностей освоения длительно не используемых сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: залежные земли, возобновление использования земель, органическое земледелие, критические технологии, оптимизация земледелия.

Цитирование. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Критические технологии освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 45-61. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-04.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Органическое сельское хозяйство сегодня является современным образцом весьма удачного бренда определенной категории сельскохозяйственной продукции. Этот бренд возник в противовес интенсивному сельскому хозяйству и базируется на его противоречиях в области экологии и безопасности продуктов питания. Действитель-

но, интенсивное сельское хозяйство сегодня трудно представить без сельскохозяйственной химии. Химические препараты применяются для защиты растений от вредителей и болезней, в борьбе с распространением сорной растительности для восполнения элементов минерального питания в почве, в качестве почвоулучшителей, стимуляторов роста и др. [2, 10, 14]. Химия применяется как средство снижения трудоёмкости производства, улучшения экономических показателей даже в тех случаях, когда есть экологически более оправданные альтернативы. Следствием этого являются: ухудшение общего экологического фона, накопление различного рода токсических веществ в продуктах питания, что впоследствии отражается на здоровье потребителя. Такая точка зрения не является бесспорной, совершенствуются и разрабатываются новые технологии, сельскохозяйственная химия становится все более высокоселективной, что позволяет снижать дозировки и экологические риски интенсивного сельского хозяйства. Однако органическое сельское хозяйство как бренд построено в предположении (в значительной мере обоснованном) о невозможности тотального контроля режимов применения сельскохозяйственной химии. Ведь в условиях рынка приоритет остается за экономической эффективностью производства, даже если для этого нужно применять дешевые высокотоксичные препараты, генетически модифицированные организмы, высокие и сверхвысокие дозы минеральных удобрений. Бренд органического сельского хозяйства базируется на полном отказе от такого рода технологий, гарантируя экологическую безопасность производимых продуктов питания [6, 16, 22-24]. Сегодня этот бренд получил широкое распространение в Европе, Северной Америке и Австралии, преимущественно в странах, где экономическое благополучие потребителей позволяет им все в большей степени задумываться о качестве потребляемых продуктов питания.

В России этот бренд пока еще не получил должного развития [11]. Конечно, в стране еще достаточно остро стоят проблемы импортозамещения и продовольственной безопасности, весомы приоритеты по продуктивности и в плане экономической конкурентоспособности производства, да и закон об органическом сельском хозяйстве принят совсем недавно. Однако уже сегодня ежегодно растут объемы экспорта сельскохозяйственной продукции, а продукция органического сельского хозяйства во многом определяет горизонты экспортного потенциала на будущее.

Конверсия сельскохозяйственного производства с учетом принципов органического сельского хозяйства требует достаточно длительного времени и невозможных на этом этапе затрат ресурсов. Кроме того, к землям, отводимым под производство органической продукции, предъявляются весьма жесткие требования, что само по себе ограничивает возможности развития органического сельского хозяйства. Наряду с этим, в России все еще не решенной остается проблема выведенных из оборота, неиспользуемых сельскохозяйственных земель [3, 15, 19]. В значительной мере это так называемые «неудобные» земли, расположенные на удаленных участках со слаборазвитой инфраструктурой и транспортной сетью. Большая часть этих земель имеет одно большое преимущество, – это «экологически благополучные» территории [1]. Освоение таких земель для производства органической продукции возможно без длительного периода конверсии, проекты, что называется, можно создавать «с нуля». Целью настоящего исследования является формализация условий для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции.

Материалы и методы. Рабочей гипотезой исследований стало предположение о необходимости системного решения проблемы освоения выбывших из оборота земель сельскохозяйственного назначения, включая земли мелиорированного фонда, когда наряду с законодательными и организационно-экономическими способами, используют-

ся оптимальные, предметно-ориентированные технико-технологические модели, инновационные технологии, новейшие достижения науки и техники. В качестве одной из перспективных моделей возобновления сельскохозяйственной деятельности на ранее брошенных землях предполагается организация производства органической продукции [1, 18]. Однако органическое сельское хозяйство, равно как и особенности освоения земель с длительно не контролируемыми сукцессиями предъявляют особые требования к применяемым агротехнологиям. Особенно это касается технологий, связанных с обеспечением фитосанитарной чистоты посевов, регулированием режима минерального питания и расширенного воспроизводства органического вещества почвы, а также с решением проблемы оптимального водообеспечения посевов [5, 8, 17, 20, 21]. Эти направления уникальны по спектру предъявляемых к технологиям требований, а сами технологии по праву могут считаться «критическими» при освоении длительно неиспользуемых сельскохозяйственных земель для производства органической продукции. Методология исследований базируется на анализе имеющихся технологий, применяемых в соответствии с принципами органического земледелия, особенностей построения агротехнологических комплексов при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель с формализацией целевых и технологических функций на уровне математической абстракции. При этом целевая функция формулирует задачи достижения определенного уровня по критериям, - факторам жизни растений, регулирование которых подразумевается технологией. В свою очередь технологические функции определяют параметры, используемые в целевой функции, формируемые во взаимосвязи с используемой технологией, а также в зависимости от режима применения технологии.

Результаты и обсуждение. Органическое сельское хозяйство, равно как и освоение ранее брошенных, длительно не используемых сельскохозяйственных угодий, подразумевает особые требования к применяемым технологиям, которые и отличают этот вид хозяйственной деятельности от всех прочих. Под критическими технологиями мы здесь подразумеваем те «особенные», без которых ведение органического сельского хозяйства или освоение не используемых в настоящем земель попросту невозможно. Термин «особенные» в отношении этих технологий предполагает их уникальность по спектру предъявляемых к ним требованиям. Какие же технологии являются критическими для органического сельского хозяйства и при освоении ранее брошенных, длительно не используемых земель?

Одними из основных задач как при создании проектов органического сельского хозяйства, так при освоении ранее брошенных, длительно не используемых, в том числе залежных земель, является поддержание оптимального фитосанитарного состояния посевов, а также защита сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней. Отказ от сельскохозяйственной химии в органическом сельском хозяйстве на порядок усложняет решение этой задачи, ведь спектр эффективных агротехнических мероприятий существенно сокращается. В соответствии с международными стандартами INFOAM органическое сельское хозяйство для борьбы с сорной растительностью в посевах допускает использование механических обработок, опирается на подбор и использование адаптированных сельскохозяйственных культур, конкурентным по отношению к местному сорному фитоценозу, предполагает специальные ротации и совместные посевы сельскохозяйственных культур, а также выпас скота в послепосевной период. Разрешены любые физические методы борьбы с сорной растительностью, однако тепловая стерилизация почвы запрещена. Ситуация осложняется тем, что брошенные, длительно не используемые земли и залежи отличаются от окультуренных неблагоприятной фитосанитарной обстановкой. В первое время на брошенных сельскохозяйственных землях активно развивается типичная бурьяновая сорно-

полевая растительность, представленная, как правило, двудольными однолетними растениями [4, 7]. Резко возрастает их численность, увеличивается резервация семян сорных растений. Одновременно в динамике возрастает доля опасных многолетних сорняков, таких как вьюнок, осот, молокан татарский и др. Со временем при длительном периоде без хозяйственного использования земель состав сорно-полевой растительности в значительной мере приближается к типичным региональным природным фитоценозам, в том числе на основе многолетних злаковых, полыни и др. Такие земли более предпочтительны для освоения по фитосанитарным нормам, но также требуют особых технологий борьбы с сорной растительностью. Учеными ВИМ [18] для целей освоения длительно не используемых, залежных земель под органическое производство предложена технология на основе использования почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 в варианте для глубокого рыхления и повторного его применения уже с кольцевыми рабочими органами. Такая обработка способствовала максимальному извлечению корней многолетних растений, а также обеспечила максимальное уничтожение сорняков в дернине. Волгоградскими учеными [9, 13] предложена эффективная технология обработки почвы для природных условий Нижнего Поволжья, в основу которой положено использование нового комбинированного агрегата РОПА. Безусловно, любая из подобных технологий должна ориентироваться на местные почвенно-климатические условия и разрабатываться с учетом особенностей региональных экосистем. Также следует помнить, что задача может быть решена только на основе системного подхода, учитывающего влияние всей совокупности применяемых (либо допустимых) агротехнических приемов и технологий. Состав и режимы агротехнических мероприятий должны быть оптимизированы с учетом местной специфики и условий производственной деятельности. Исследованиями предложен единый подход, позволяющий оптимизировать технологический комплекс с точки зрения наиболее эффективного решения поставленной задачи, на основе формализованного описания технологической и целевой функций.

Основной задачей улучшения фитосанитарного состояния посева является снижение плотности распространения сорной растительности, в том числе с учетом видового состава и вредоносности сорняков. Показатель, характеризующий улучшение фитосанитарного состояния, можно представить в виде отношения:

$$\frac{D_{WE_i}^{pre-proc}}{D_{WE_i}^{a-proc}},$$

где $D_{WE_i}^{pre-proc}$ – плотность размещения в посевах i -го вида сорняков до применения технологического комплекса $\sum T_i$; $D_{WE_i}^{a-proc}$ – соответственно плотность размещения в посевах i -го вида сорняков после применения технологического комплекса $\sum T_i$.

Снижение засоренности посевов рассматривается как результат применения совокупности агротехнологий, составляющих технологический комплекс. Формализованно это можно представить в виде:

$$\frac{D_{WE_i}^{pre-proc}}{D_{WE_i}^{a-proc}} = \sum_{j=1}^{j=n} f_j(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \quad , \quad (1)$$

где f_j – функция воздействия j -той технологии на распространение сорной растительности в посевах; T_j – агротехнология, направленная на улучшение фитосанитарного состояния посевов; $\int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr$ – функция регуляции интенсивности технологии при затратах производственных ресурсов от нуля ($Pr = 0$) до порогового уровня (Pr_{thr}).

На основании уровня снижения засоренности посевов по каждому из i -го вида сорняков может быть определен обобщенный коэффициент фитосанитарного состояния посева:

$$K_{WE} = \sum_i (a_i \cdot D_{WE_i}^{a-proc}), \quad (2)$$

где K_{WE} – обобщенный коэффициент фитосанитарного состояния посева; a_i – нормирующий коэффициент (коэффициент вредоносности) по i -тому виду сорной растительности, определяется отношением:

$$a_i = \frac{1}{D_{WE_i}^{thr}},$$

где $D_{WE_i}^{thr}$ – пороговый уровень плотности i -го вида сорняков (зависит от вредоносности вида сорного растения).

Из выражения (2) следует, что чем больше значение коэффициента K_{WE} , тем хуже фитосанитарное состояние посева. Следовательно, целевая функция разрабатываемого (оптимизируемого, адаптируемого) технологического комплекса будет состоять в минимизации коэффициента K_{WE} :

$$F_{Phyto}^T = (\min_{\sum Pr_j \rightarrow 0} (K_{WE}); K_{WE} < 1), \quad (3)$$

где F_{Phyto}^T – целевая функция разрабатываемого технологического комплекса.

Таким образом, целевая функция минимизирует значение обобщенного коэффициента фитосанитарного состояния посева при наименьших затратах производственных ресурсов, определяющих, в том числе, интенсивность применяемой технологии. При этом граничным условием является значение обобщенного коэффициента фитосанитарного состояния, равное единице ($K_{WE} \geq 1$), при котором целевая функция не считается достигнутой.

Предложенный подход оптимизации технологий для подавления сорной растительности, основанный на формализации целевой и технологических функций, в равной степени может быть использован и в отношении технологий для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений, с учетом их индивидуального порога вредоносности. При этом важно помнить, что состав технологий $\sum_{j=1}^n T_j$ должен подбираться с учетом принципов производства органической продукции. Другим важным моментом является то, что каждая из рассматриваемых технологий оказывает комплексное влияние на различные факторы жизни растений. Агротехнические приемы, которые оказывают значимое действие на рост и распространение сорной растительности, вполне вероятно могут оказывать влияние и на развитие болезней растений, рост популяции вредителей. В связи с этим технология должна быть оценена всесторонне, количественно оценены все эффекты, распространяемые ею на агрофитоценоз. Суммарный максимум полученных эффектов в этом случае определит оптимальные режимы и параметры применения технологии, а также обобщенный эффект от ее использования.

Другой критической задачей при создании проектов органического сельского хозяйства является обеспечение развивающегося агрофитоценоза доступными формами минерального питания. Ведь именно доступные формы минерального питания в значительной мере определяют активное плодородие почвы и уровень потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур, которая при этом может быть достигнута. Но в соответствии с принципами органического сельского хозяйства на первый план

ставится задача расширенного воспроизводства почвенной органики как стратегического фактора плодородия почвы. При этом часть питательных элементов, находящихся в почве в доступной для растений форме, фиксируется почвенной органикой, что в совокупности с запретом на применение минеральных удобрений делает задачу обеспечения развивающегося агрофитоценоза доступными макро- и микроэлементами особенно актуальной. В общем случае задача ставится шире: как обеспечение профицитного баланса органики и питательных веществ в почве.

Процессы образования, накопления и минерализации органического вещества в почве протекают непрерывно. В природе эти процессы стабилизируются, определяя региональный тип и уровень плодородия почвы. При активном использовании сельскохозяйственных земель факторы внешней среды, равно как и факторы, связанные с воздействием на саму почву, включая применяемые при производстве сельскохозяйственной продукции технологии, могут в той или иной степени сдвигать баланс этих противоположно направленных процессов. Активное использование механических обработок, интенсивная химизация сельскохозяйственного производства существенно увеличивают динамику минерализации органического вещества, что сопровождается снижением содержания гумуса, ухудшения водных и физических свойств почвы, снижает потенциал плодородия используемых земель. Органическое сельское хозяйство априори предполагает расширенное воспроизводство почвенной органики и гумуса. Для проведения обобщенных оценок качественных и количественных характеристик, связанных с этим процессом, может быть использован коэффициент воспроизводства органического вещества почвы:

$$K_{SOM} = \frac{SOM \uparrow}{SOM \downarrow}, \quad (4)$$

где K_{SOM} – коэффициент воспроизводства органического вещества почвы; $SOM \uparrow$ – образование органического вещества почвы; $SOM \downarrow$ – минерализация органического вещества почвы.

Для сохранения баланса органического вещества почвы достаточно чтобы коэффициент равнялся единице, а для расширенного воспроизводства был больше нее.

Наряду с обеспечением профицитного воспроизводства органического вещества в почве для поддержания актуального плодородия важно сохранять баланс доступных растениям элементов минерального питания. В этом плане большое значение имеет динамика накопления в почве доступных питательных элементов, объемы фиксации питательных элементов в процессе образования органического вещества, потребление питательных элементов растениями. В сумме баланс процессов по питательным элементам, находящимся в доступной растениям, как правило, легкогидролизуемой форме, должен равняться нулю и исключать прочие, непроизводительные и зачастую опасные с точки зрения экологии среды потери. Обобщая вышесказанное, целевая функция разрабатываемого (оптимизируемого) технологического комплекса с точки зрения обеспечения профицитного баланса органики и питательных веществ в почве, примет вид:

$$F_{SOM.ASN}^T = (\max_{\sum ASN \downarrow, NIP=0} (K_{SOM}); K_{SOM} > 1), \quad (5)$$

где $F_{SOM.ASN}^T$ – целевая функция обеспечения профицитного баланса органики и питательных веществ в почве; $ASN \uparrow$ – накопление (процесс) доступных растениям питательных веществ в почве; $ASN \downarrow$ – фиксация доступных элементов минерального питания в процессе образования органического вещества почвы; NIP – потребление питательных веществ растениями.

Таким образом, целевая функция предполагает создание условий для накопления максимума органики в почве при обязательном соблюдении нулевого баланса по образованию и расходованию доступных питательных элементов. Каждый из объеди-

ненных в целевой функции показателей тесно взаимосвязан друг с другом и зависит от совокупности используемых в производстве агротехнологий. Формализованно это можно представить системой уравнений вида:

$$\begin{cases} SOM \uparrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{SOM \uparrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \\ SOM \downarrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{SOM \downarrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \\ ASN \uparrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{ASN \uparrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr), \\ ASN \downarrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{ASN \downarrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \\ NIP = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{NIP} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \end{cases} \quad (6)$$

где $f_j^{SOM \uparrow}$, $f_j^{SOM \downarrow}$, $f_j^{ASN \uparrow}$, $f_j^{ASN \downarrow}$, f_j^{NIP} – соответственно функция воздействия j -той технологии на динамику образования органического веществ почвы ($SOM \uparrow$), на процесс минерализации органического вещества ($SOM \downarrow$), на динамику накопления доступных растениям питательных элементов в почве ($ASN \uparrow$), фиксацию части доступных питательных элементов в органическом веществе почвы ($ASN \downarrow$), а также на динамику потребления элементов минерального питания растениями (NIP); T_j – технология, предполагающая влияние на вышеперечисленные процессы; $\int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr$ – функция регуляции интенсивности технологии при затратах производственных ресурсов от нуля ($Pr = 0$) до порогового уровня (Pr_{thr}).

Использование этой системы уравнений в соответствии с поставленной целевой функцией позволяет получить оптимальные решения по агротехнологическому комплексу возделывания сельскохозяйственных культур для получения органической продукции с учетом необходимости формирования профицитного баланса органики и питательных веществ в почве. При этом следует учитывать и ограничения применительно к реализуемым в производстве технологиям исходя из принципов и местного законодательства по системе производства органических продуктов.

В соответствии с принципами INFOAM, основу регулирования минерального питания сельскохозяйственных растений при производстве органической продукции составляют:

- приготовление и использование компостов из различных материалов растительного и животного происхождения. Используемые материалы в сумме должны составлять уникальный микс из богатых азотом и углеродом источников. При приготовлении компостов большое значение придается регулированию водного режима биомассы и применению технологий с использованием вермикультур;
- использование сидеральных удобрений. Сидеральные удобрения – это, прежде всего, богатый источник углерода в почве. Однако при разложении биомассы почвенной микрофлорой потребляется значительное количество азота. Чтобы в результате не снижалось актуальное плодородие почвы, важно сидеральные растения перерабатывать в фазу содержания наибольшего количества азота в вегетативных органах, а также использовать богатые азотом бобовые культуры;
- использование навоза. Навоз позиционируется как один из наиболее ценных видов удобрения в органическом сельском хозяйстве. При этом важно помнить, что навоз может включать семена сорных растений, поедаемых животными, которые ухудшат фитосанитарное состояние посевов;
- использование микробных удобрений. Технология основана на использовании бактериальных культур, обладающих такими ценными свойствами, как фиксация атмосферного азота или перевод фосфорных соединений в доступную растениям форму.

Использование синтетических минеральных удобрений в современном органическом земледелии запрещено. Как сопутствующая перечисленным выше технология допускает использование измельченных естественных горных пород, таких как фосфоритная мука, известь, каменная мука и растительная зола.

Еще одним проблемным фактором при создании проектов органического производства является создание благоприятных для сельскохозяйственных растений условий водного питания. Преобладающая часть сельскохозяйственных земель России располагается в зонах различной степени засушливости. Коренным способом увеличения продуктивности и стабильного получения высоких урожаев в условиях засухи является орошение. Однако оросительные мелиорации, как правило, предполагают интенсификацию сельскохозяйственного производства. Применяются повышенные дозы минеральных (в том числе синтетических) удобрений, обеспечивающие синергетический рост урожайности и приемлемую рентабельность производства, требуется расширенный спектр мер по защите растений, включающий применение высокотоксичных химических соединений, что приведет к изменению динамики образования и минерализации почвенной органики. Хотя прямого запрета на орошение в органическом сельском хозяйстве нет, совокупность указанных выше факторов делает практическое применение гидротехнических мелиораций весьма и весьма проблематичным. Как же обеспечить создание благоприятных условий водного питания растений при производстве органической продукции?

Органическое сельское хозяйство в решении проблемы оптимального водного питания растений как никакая другая система земледелия опирается на системный подход. Ставка делается не на один, а на целую совокупность агротехнических факторов, обеспечивающих сбор, сохранение и рациональное использование водных ресурсов. Мелиоративные технологии как технический регулятор водного режима земель в этой системе являются одним из равных компонентов, использование которого ограничивается требованиями к производству в условиях органического сельского хозяйства и особенностями введения в оборот длительно неиспользуемых, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения.

Условия оптимального водного питания растений в первую очередь определяются доступностью почвенной влаги растениям; причем параметр этот следует рассматривать в динамике как непрерывно изменяющуюся величину. Доступность почвенной влаги зависит от уровня ее содержания в почве, свойств самой почвы и биологических особенностей растений. Свойства почвы в значительной мере определяют степень связанности почвенной влаги и ту силу, которая необходима для отбора влаги корнями растений. Но эти водные характеристики почвы имеют существенно меньшую динамику в сравнении с динамикой уровня содержания почвенной влаги; их, безусловно, необходимо учитывать, но в долгосрочных моделях мелиоративного режима земель. Уровень почвенного влагосодержания наиболее динамично изменяется в течение всего вегетационного периода растений, чем, преимущественно, и определяются условия водного питания для каждого конкретного вида растений. Растения имеют собственную регуляторную (адаптационную) функцию относительно потребления почвенной влаги. Эта функция позволяет им приспосабливаться и без ущерба физиологической активности отбирать почвенную влагу при определенном диапазоне влагосодержания. Этот диапазон и характеризует условия оптимального водного питания сельскохозяйственных растений. Формально условие оптимального водного режима почвы можно записать в виде:

$$\beta_{min} < \beta_{opt} < \beta_{max} \text{ или } \beta_{opt} \in [\beta_{min}; \beta_{max}],$$

где β_{opt} – оптимальный уровень содержания почвенной влаги; β_{min} – минимальный уровень оптимального диапазона содержания почвенной влаги; β_{max} – максимальный уровень оптимального диапазона содержания почвенной влаги.

Тогда отклонение фактических условий водообеспечения от оптимальных определяется разностью:

$$\Delta\beta = \beta_a - [\beta_{min}; \beta_{max}],$$

где β_a – актуальный (фактический) уровень содержания почвенной влаги.

Причем, если фактический уровень почвенного влагосодержания меньше оптимального диапазона, то $\Delta\beta$ определится как разность:

$$\Delta\beta = \beta_a - \beta_{min},$$

а если больше оптимального диапазона, то:

$$\Delta\beta = \beta_a - \beta_{max}.$$

Если фактический уровень влагосодержания β_a находится внутри диапазона $[\beta_{min}; \beta_{max}]$, то условия водного питания растений признаются оптимальными, а отклонение $\Delta\beta$ принимается равным нулю.

Мера оптимальности водного режима может быть представлена среднеквадратичным отклонением влажности почвы от видоспецифически оптимального диапазона влагосодержания:

$$K_\beta = \sqrt{\frac{\Delta\beta^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где K_β – величина среднеквадратичного отклонения влажности почвы от оптимального для возделываемой культуры уровня.

Тогда целевую функцию комплекса агротехнологий, направленных на создание оптимальных условий водного питания сельскохозяйственных растений, можно записать как:

$$F_\beta^T = \min_{\sum Pr_j \rightarrow 0} K_\beta, \quad (8)$$

где F_β^T – целевая функция разрабатываемого технологического комплекса относительно создания оптимальных условий водного питания растений.

Фактический уровень влагосодержания почвы определяется поступлением метеорологически обеспеченной влаги, ресурсов влаги регулятора гидромелиоративных технологий, различного рода водообменными процессами в над- и подпочвенном пространстве, а также расходом влаги на физическое испарение с поверхности почвы и транспирацию растений:

$$\beta_a = f((\Delta W_R - ET_{crop} + \Delta W_{MS} \pm \Delta W_{SG}); \sum S_j^F),$$

или

$$\beta_a = f((\Delta W_R - ET_{crop} + \Delta W_N); \sum S_i^F), \quad (9)$$

где ΔW_R – ресурсы влаги, обеспечиваемые регулятором гидромелиоративных технологий; ET_{crop} – суммарное водопотребление; ΔW_{MS} – метеорологически обеспеченная влага; ΔW_{SG} – суммарный вектор почвенно-гидрологических водообменных процессов; ΔW_N – суммарный вектор процессов водообмена, образуемый совокупностью факторов географически локализованного природного (не регулируемого) характера; S_i^F – почвенный фактор i -того порядка, характеризующий водные и физические свойства почвы.

Как видно из приведенного выражения, гидромелиоративные технологии в общем и орошение в частности являются лишь одним из звеньев в системе факторов, определяющих актуальную (фактическую) влажность почвы. Другими точками

приложения агротехнологий является регулирование компоненты ET_{crop} , а также оптимизация совокупности факторов $\sum S_j^F$. Регулирование этих компонентов, определяющих в совокупности актуальный уровень влагосодержания почвы, посредством применяемых агротехнологий, формализованно можно представить в виде следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \Delta W_R = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{WR} \left(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr \right) \\ ET_{crop} = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{ET_{crop}} \left(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr \right) \\ S_i^F = \sum_{i,j=1}^{i=m, j=n} f_{i,j}^{S_i^F} \left(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr \right) \end{cases} \quad (10)$$

где f_j^{WR} – функции j -той технологии как техногенного источника дополнительного ресурса влаги; $f_j^{ET_{crop}}$ – функции воздействия j -той технологии как регулятора потерь влаги на испарение и транспирацию; $f_{i,j}^{S_i^F}$ – функции воздействия j -той технологии на i -тый почвенный фактор S_i^F ; T_j – технология, предполагающая влияние на вышеперечисленные процессы; $\int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr$ – функция регуляции интенсивности технологии при затратах производственных ресурсов от нуля ($Pr = 0$) до порогового уровня (Pr_{thr}).

Использование системы уравнений с учетом выражения (9) и в соответствии с поставленной целевой функцией (8) позволяет получить оптимальные решения по агротехнологическому комплексу возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих благоприятные условия водного питания растений при соблюдении ограничений, накладываемых спецификой производства органической продукции и вводом в оборот длительно не используемых сельскохозяйственных земель.

Подтвердившие уже сегодня свою эффективность технологии для регулирования водного обмена на сельскохозяйственном поле при производстве органической продукции включают систему мероприятий, в совокупности позволяющих максимально использовать влагу естественных осадков, минимизировать затраты воды на физическое испарение, и с особой осторожностью использовать некоторые способы орошения. Повышение эффективности сбора влаги атмосферных осадков предполагает проведение различных мероприятий, направленных на улучшение водно-физических свойств почвы; в этом плане используются региональные системы обработки почвы, большое значение имеет насыщение почв органикой, которая увеличивает ее вододерживающие способности, важно предотвращать возможность переуплотнения поверхности почвы в течение вегетационного периода сельскохозяйственных растений. Большое значение имеет степень выравнивания поверхности почвы, для повышения которой могут применяться капитальные планировки; при наличии микрорельефа или уклонов эффективным является профилирование поверхности почвы в совокупности с поделкой внутрпочвенных щелей. В этом плане могут использоваться борозды или гребневое профилирование поверхности почвы, поделка гряд, лунок, полулунок (на склоновых поверхностях).

Снижение физического испарения влаги с поверхности почвы обеспечивается мульчированием. Мульча также предотвращает образование корок на поверхности почвы, что существенно повышает ее впитывающую способность. Другим способом сокращения эвапотранспирации с сельскохозяйственного поля является снижение ветровой активности, в частности, за счет формирования кулис, искусственных ограждений, лесных полос и т.д. Известны технологии изменения альbedo растительного по-

крова, что положительно влияет на гидротермический режим и снижает эвапотранспирацию сельскохозяйственного поля. Технология предусматривает использование известкования, что допускается регламентом производства органической продукции.

К сожалению, не всегда указанная система мероприятий способна компенсировать дефицит водного питания сельскохозяйственных растений. Коренным решением проблемы является использование орошения. Среди различных способов орошения в органическом сельском хозяйстве предпочтение отдается капельному. Вода при таком способе полива подается непосредственно в прикорневую зону сельскохозяйственных растений, не имеет кинетической энергии и не уплотняет поверхность почвы. Междурядья остаются сухими, что предотвращает всходы и рост сорных растений. Вода, используемая для капельного орошения, проходит несколько этапов очистки, заведомо исключая возможность попадания семян сорняков при поливе, как это свойственно другим способам орошения. Вегетативная часть сельскохозяйственных растений не увлажняется, что сокращает риски распространения болезней растений. Благодаря этим качествам капельное орошение обеспечивает возможность производства сельскохозяйственной продукции без химии, что принципиально важно для органического сельского хозяйства. Сегодня организация орошения на длительно не используемых, в том числе бывших мелиорированных землях в значительной мере проблематична из-за частичного выхода из строя или аварийного состояния оросительной сети. Особенно остро эта проблема обозначена в отношении внутрихозяйственной ее части, работоспособность которой не поддерживалась и не обеспечивалась государственными ресурсами. В этом плане особое значение приобретают вопросы восстановления элементов оросительной сети, ее реконструкции с использованием новейших научных и технических достижений.

Выводы. Освоение ранее брошенных, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения, для производства продукции органического земледелия является одним из перспективных вариантов решения проблемы неиспользуемых земель в России. Органическое сельское хозяйство, равно как и особенности освоения земель с длительно не контролируемыми сукцессиями, предъявляют особые требования к применяемым агротехнологиям. Особенно это касается технологий, связанных с обеспечением фитосанитарной чистоты посевов, регулированием режима минерального питания и расширенного воспроизводства органического вещества почвы, а также с решением проблемы оптимального водообеспечения посевов. Эти направления уникальны по спектру предъявляемых к технологиям требований, а сами технологии по праву могут считаться «критическими» при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель для производства органической продукции. Исследованиями формализованы условия для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель при организации производства органической продукции. Сформулированы целевые и технологические функции, позволяющие системно оценивать комплексное влияние технологий на различные факторы жизни растений и зависимость целевых критериев от совокупного действия ряда технологий из состава проектируемого технологического комплекса. Совместное решение системы технологических функций с учетом предложенной постановки целевой функции позволяет проектировать оптимальные технологические комплексы при наиболее полном учете требований к органическому сельскому хозяйству и особенностей освоения длительно не используемых сельскохозяйственных земель.

Библиографический список

1. Воронкова О.Ю., Петрова Л. И. Ресурсная оценка производства органической продукции на залежных землях // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 4. С. 37-43.

2. Зуева Е. В., Белопухов С. Л. Сравнительный анализ биологизированной и интенсивной технологий сельского хозяйства на примере укропа огородного // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (9). С. 16-20. DOI: 10.17022/jzyj-p411
3. Карпова О. И., Савкин В. И. Неиспользуемые земли сельскохозяйственного назначения: влияние на производственный и экспортный потенциал АПК России // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 96-103. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.96
4. Козлов А. В., Новиков Д. А., Машакин А. М. Современное состояние отечественных залежных земель и перспективы их восстановления // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 1. С. 48.
5. Колмыков А. В., Авдеев А. Н. Современные аспекты ведения органического сельского хозяйства // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 182-187.
6. Кундиус В. А., Воронкова О. Ю. Научные основы развития органического сельского хозяйства, кластерный подход // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 11-1 (38). С. 97-100. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11706
7. Новикова Н. М., Конюшкова М. В., Уланова С. С. Восстановление растительности на мелиорированных солонцовых почвах Приергенгинской равнины // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 3 (76). С. 67-80. DOI: 10.24411/1993-3916-2018-10027
8. Перспективы производства органической продукции в России / С. Н. Нековаль, А. В. Беляева, О. А. Маскаленко, А. К. Чурикова, А. Е. Лукина, В. Е. Горло // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 77-82. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080
9. Плескачев Ю. Н., Борисенко И. Б., Цепляев А. Н. Технология основной обработки почвы и оборудование для ее выполнения // Научная жизнь. 2016. № 2. С. 65-74.
10. Пшихачев С. М. Концептуальные направления трансформации парадигмы устойчивого развития сельского хозяйства // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. Т. 10. № 44 (281). С. 52-62.
11. Свечникова Т. М. Анализ мирового рынка производства органической продукции // Московский экономический журнал. 2019. № 8. С. 84. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-18082
12. Сквозная научно-производственная кооперация и орошаемое земледелие как факторы развития производства органической продукции / А. А. Новиков, Т. Н. Ашурбекова, К. Ю. Козенко, Д. С. Оглы Давудов, Р. М. Магомедов // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 3 (39). С. 117-122. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2019.3.117
13. Совершенствование элементов агротехники ярового ячменя на светло-каштановых почвах при их естественном увлажнении / В. В. Бородычев, А. Е. Новиков, А. В. Шуравилин, С. В. Микитин // Плодородие. 2018. № 5 (104). С. 8-12.
14. Современные интенсивные технологии производства зерна и классы опасности применяемых пестицидов и средств химизации / А. В. Деревянкин, А. Ф. Захаров, Е. Л. Мальгин, Е. Г. Шеметова // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 7 (235). С. 19-24.
15. Современные оценки неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на Нижней Волге / В. А. Шевченко, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, Ю. И. Сухарев // Природообустройство. 2020. № 2. С. 6-13. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-2-6-14
16. Турчанова В. Т., Некрасов С. Н. Философия "ОРГАНИК": предпосылки, история, современная концепция // Сельскохозяйственные технологии. 2019. Т. 1. № 4. С. 35-44. DOI: 10.35599/agritech/01.04.06
17. Чекалин С. Г., Зимхан Б. А. Способы восстановления плодородия почвы на нарушенных землях // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 11-16.
18. Шамонин В. И. Оценка показателей качества и энергоэффективности в технологиях первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (55). С. 192-198. DOI 10.24411/2078-1318-2019-12192
19. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке состояния выбывших из оборота мелиорированных и малопродуктивных земель сельскохозяйственного назначения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 12 (100). С. 1808-1818.

20. Agronomic and physiological aspects of nitrogen use efficiency in conventional and organic cereal-based production systems / H. Kubota, M. Iqbal, D. Spaner, S. Quideau, M. Dyck // *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2018. V. 33. N 5. P. 443-466.

21. Durán-Lara E. F., Marican A., Valderrama A. Natural organic compounds for application in organic farming // *Agriculture*. 2020. V. 10. № 2. P. 41. DOI: 10.3390/agriculture10020041

22. Maas L., Malvestiti R., Gontijo L. A. Work in organic farming: an overview // *Ciencia Rural*. 2020. V. 50. N 4. e20190458. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190458

23. Malek Ž., Verburg P. H., Tieskens K. F. Explaining the global spatial distribution of organic crop producers // *Agricultural Systems*. 2019. V.176. P. 102680. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.102680

24. Potential for no-tillage and clipped-weed mulching to improve soil quality and yield in organic eggplant production / R. Hashimi, M. Komatsuzaki, T. Mineta, S. Kaneda, N. Kaneko // *Biological Agriculture and Horticulture*. 2019. V. 35. N 3. P. 158-171. DOI: 10.1080/01448765.2019.1577757

Conclusions. The development of previously abandoned, including the former reclaimed agricultural land for the production of organic farming products is one of the promising options for solving the problem of unused lands in Russia. Organic agriculture, as well as the features of land development with long-term uncontrolled successions, impose special requirements on the agricultural technologies used. This is especially true of technologies related to ensuring the phytosanitary purity of crops, regulating the regime of mineral nutrition and expanded reproduction of soil organic matter, as well as solving the problem of optimal water supply for crops. These areas are unique in terms of the range of requirements for technologies, and the technologies themselves can rightfully be considered “critical” in the development of long-term unused agricultural lands for the production of organic products. The research formalized the conditions for optimizing the package of critical technologies for the development of previously abandoned lands when organizing the production of organic products. Target and technological functions have been formulated, which make it possible to systematically assess the complex effect of technologies on various factors of plant life and the dependence of target criteria on the combined action of a number of technologies from the composition of the designed technological complex. The joint solution of the system of technological functions, taking into account the proposed statement of the target function, allows you to design optimal technological complexes with the most complete consideration of the requirements for organic agriculture and the peculiarities of the development of long-term unused agricultural lands.

Reference

1. Voronkova O. Yu., Petrova L. I. Resursnaya ocenka proizvodstva organicheskoy produkcii na zaleznyh zemlyah // *Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii*. 2017. № 4. P. 37-43.

2. Zueva E. V., Belopuhov S. L. Sravnitel'nyj analiz biologizirovannoj i intensivnoj tehnologij sel'skogo hozyajstva na primere ukropa ogorodnogo // *Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2019. № 2 (9). P. 16-20. DOI: 10.17022/jzyj-p411

3. Karpova O. I., Savkin V. I. Neispol'zuemye zemli sel'skohozyajstvennogo naznacheniya: vliyanie na proizvodstvennyj i jeksportnyj potencial APK Rossii // *Vestnik agrarnoj nauki*. 2019. № 6 (81). P. 96-103. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.96

4. Kozlov A. V., Novikov D. A., Mashakin A. M. Sovremennoe sostoyanie otechestvennyh zaleznyh zemel' i perspektivy ih vosstanovleniya // *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*. 2015. № 1. P. 48.

5. Kolmykov A. V., Avdeev A. N. Sovremennye aspekty vedeniya organicheskogo sel'skogo hozyajstva // *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2020. № 2. P. 182-187.

6. Kundius V. A., Voronkova O. Yu. Nauchnye osnovy razvitiya organicheskogo sel'skogo hozyajstva, klasternyj podhod // *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk*. 2019. № 11-1 (38). P. 97-100. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11706

7. Novikova N. M., Konyushkova M. V., Ulanova S. S. Vosstanovlenie rastitel'nosti na meliorirovannyh soloncovykh pochvakh Priergeninskoj ravniny // *Aridnye jkosistemy*. 2018. Vol. 24. № 3 (76). P. 67-80. DOI: 10.24411/1993-3916-2018-10027
8. Perspektivy proizvodstva organicheskoy produkcii v Rossii / S. N. Nekoval', A. V. Belyaeva, O. A. Maskalenko, A. K. Churikova, A. E. Lukina, V. E. Gorlo // *Agrohimicheskij vestnik*. 2019. № 5. P. 77-82. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080
9. Pleskachev Yu. N., Borisenko I. B., Ceplyaev A. N. Tehnologiya osnovnoj obrabotki pochvy i oborudovanie dlya ee vypolneniya // *Nauchnaya zhizn'*. 2016. № 2. P. 65-74.
10. Pshihachev S. M. Konceptual'nye napravleniya transformacii paradigmy ustojchivogo razvitiya sel'skogo hozyajstva // *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'*. 2014. Vol. 10. № 44 (281). P. 52-62.
11. Svechnikova T. M. Analiz mirovogo rynka proizvodstva organicheskoy produkcii // *Moskovskij jkonomicheskij zhurnal*. 2019. № 8. P. 84. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-18082
12. Skvoznaya nauchno-proizvodstvennaya kooperaciya i oroshaemoe zemledelie kak faktory razvitiya proizvodstva organicheskoy produkcii / A. A. Novikov, T. N. Ashurbekova, K. Yu. Kozenko, D. S. Ogly Davudov, R. M. Magomedov // *Problemy razvitiya APK regiona*. 2019. № 3 (39). P. 117-122. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2019.3.117
13. Sovershenstvovanie jlementov agrotehniki yarovogo yachmenya na svetlo-kashtanovykh pochvakh pri ih estestvennom uvlazhnenii / V. V. Borodychev, A. E. Novikov, A. V. Shuravilin, S. V. Mikitin // *Plodorodie*. 2018. № 5 (104). P. 8-12.
14. Sovremennye intensivnye tehnologii proizvodstva zerna i klassy opasnosti primenyaemykh pesticidov i sredstv himizacii / A. V. Derevyankin, A. F. Zaharov, E. L. Mal'gin, E. G. Shemetova // *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2020. № 7 (235). P. 19-24.
15. Sovremennye ocenki neispol'zuemykh zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya na Nizhnej Volge / V. A. Shevchenko, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, Yu. I. Suharev // *Prirodoobustroystvo*. 2020. № 2. P. 6-13. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-2-6-14
16. Turchanova V. T., Nekrasov S. N. Filosofiya "ORGANIK": predposylki, istoriya, sovremennaya koncepciya // *Sel'skohozyajstvennye tehnologii*. 2019. T.1. № 4. P. 35-44. DOI: 10.35599/agritech/01.04.06
17. Chekalin S. G., Zimhan B. A. Sposoby vosstanovleniya plodorodiya pochvy na narushennykh zemlyakh // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 2 (76). P. 11-16.
18. Shamonin V. I. Ocenka pokazatelej kachestva i jnergojffektivnosti v tehnologiyah pervichnogo vosstanovleniya zaleznykh zemel' dlya uslovij organicheskogo zemledeliya // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 2 (55). P. 192-198. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-12192
19. Shevchenko V. A., Borodychev V. V., Lytov M. N. Konceptual'nye podhody k ocenke sostoyaniya vybyvshih iz oborota meliorirovannykh i maloproduktivnykh zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // *Nauchnaya zhizn'*. 2019. T. 14. № 12 (100). P. 1808-1818.
20. Agronomic and physiological aspects of nitrogen use efficiency in conventional and organic cereal-based production systems / H. Kubota, M. Iqbal, D. Spaner, S. Quideau, M. Dyck // *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2018. V. 33. N 5. P. 443-466.
21. Durán-Lara E. F., Marican A., Valderrama A. Natural organic compounds for application in organic farming // *Agriculture*. 2020. V. 10. № 2. P. 41. DOI: 10.3390/agriculture10020041
22. Maas L., Malvestiti R., Gontijo L. A. Work in organic farming: an overview // *Ciencia Rural*. 2020. V. 50. N 4. e20190458. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190458
23. Malek Ž., Verburg P. H., Tieskens K. F. Explaining the global spatial distribution of organic crop producers // *Agricultural Systems*. 2019. V.176. P. 102680. DOI: 10.1016/j.agry.2019.102680
24. Potential for no-tillage and clipped-weed mulching to improve soil quality and yield in organic eggplant production / R. Hashimi, M. Komatsuzaki, T. Mineta, S. Kaneda, N. Kaneko // *Biological Agriculture and Horticulture*. 2019. V. 35. N 3. P. 158-171. DOI: 10.1080/01448765.2019.1577757

Информация об авторах:

Shevchenko Viktor Alexandrovich, Director of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A. N. Kostyakova (127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya street, 44, building 2), doctor of agricultural Sciences, Professor. E-mail: mail@vniigim.ru

Borodychev Viktor Vladimirovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Leading Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Candidate of Agricultural Sciences,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru

Информация об авторах:

Шевченко Виктор Александрович, директор Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корпус 2), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: mail@vniigim.ru

Бородычев Виктор Владимирович, академик РАН, директор Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-05

**THE COEFFICIENTS OF WATER CONSUMPTION IN ROSES GROWING
IN WINTER GREENHOUSES OF THE LOWER VOLGA REGION**

A. D. Akhmedov, I. A. Azieva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 08.07.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

The article presents the results of a study when growing roses in winter greenhouses. Based on the data obtained, the dependence of the productivity of rose varieties on the moisture content of the substrate using drip irrigation was established. A response graph of the linear dependence of the coefficient of water consumption of greenhouse roses on productivity and their total water consumption is constructed. The data obtained can be recommended for use as a starting material for growing roses on a mineral-cotton substrate in winter block greenhouses.

Abstract

Introduction. The efficiency of the irrigation regime of any crop, including roses, during the growing process is characterized, first of all, by the size of the yield obtained and the productivity of water use. As you know, this indicator is determined through the coefficient of water consumption, that is, the total consumption of moisture to create a unit of marketable products. In this regard, when growing roses, depending on the productivity, the coefficient of water consumption in winter greenhouses using a substrate was determined. **Object.** The object of research is the coefficient of water consumption when growing roses in winter greenhouses. **Materials and methods.** The research was carried out directly in the city of Volgograd on the territory of the «Greenhouse-economic complex» when growing different varieties of roses. On this site, to establish the optimal regime of drip irrigation of roses

during 2012-2014. A two-factor field experiment was carried out on a mineral wool substrate in winter block greenhouses of Dutch construction with a span of 6.4 m and a length of 80 m. During the research, the air humidity and temperature were monitored daily, and the substrate temperature was measured. **Results and conclusions.** In the course of the study, it was found that, for the entire growing season of a rose, the value of the water consumption coefficient on average for three years of research using drip irrigation varies from 7.70 to 11.66 l / m². At the same time, the highest water consumption coefficient was noted for the variant 80–85% HB, which, depending on the variety of roses, on average for three years of research was in the range of 9.4–11.3 l / pc. slices. In our experiments with a substrate moisture content of 70-75% HB, moisture was used most effectively and amounted to 6.93-10.03 l / pc. Therefore, when analyzing different varieties of roses, it can be noted that the average water consumption coefficient for the Red Naomi variety was 7.7 l / pc. slices, Agua 9.1, Ilios 8.9 l / pc. slices. All this allows us to conclude that drip irrigation when growing various varieties of roses with the use of mineral wool substrates in winter block greenhouses has a beneficial effect on the productivity of the rose.

Key words: *the coefficient of water consumption, greenhouse, substrate moisture, rose varieties, rose productivity, drip irrigation.*

Citation. Akhmedov A.D., Azieva I.A. The coefficients of water consumption in roses growing in winter greenhouses of the lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 61-71 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-05.

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

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

УДК 631.671:635.918(470.44/.47)

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РОЗ В ЗИМНИХ ТЕПЛИЦАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор

И. А. Азиева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 08.07.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Эффективность поливного режима любой культуры, в том числе и розы, в течение вегетационного процесса характеризуется, прежде всего, величиной получаемого урожая и продуктивности использования воды. Как известно, этот показатель определяется через коэффициент водопотребления, то есть суммарный расход влаги на создание единицы товарной продукции. В связи с этим при выращивании роз в зависимости от продуктивности определены коэффициент водопотребления в зимних теплицах с использованием субстрата. **Объект.** Объектом исследований является коэффициент водопотребления при выращивании роз в зимних теплицах. **Материалы и методы.** Исследования проводились непосредственно в г. Волгограде на территории ООО «Теплично-хозяйственный комплекс» при выращивании разных сортов роз. На данном участке для установления оптимального режима капельного орошения роз в течение 2012-2014 гг. был проведен двухфакторный полевой опыт на минерально-ватном субстрате в зимних блочных теплицах голландской конструкции с пролетом 6,4 м и длиной 80 м. В ходе исследований ежедневно контролировалась влажность и температура воздуха, измерялась температура субстрата. **Результаты и выводы.** В ходе исследования установлено, что за весь период вегетации розы величина коэффициент водопотребления в среднем за три года исследований с применением капельного полива изменяется от 7,70 до 11,66 л/м². При этом самый высокий коэффициент водопотребления был отмечен на варианте 80–85 % HB, который в зависимости от сорта роз в среднем за три года исследования находился в пределах 9,4-11,3 л/шт. срезов. На наших опытах при влажности субстрата на уровне 70-75 % HB влага

использовалась наиболее эффективно и составляла 6,93-10,03 л/шт. Следовательно, анализируя различные сорта роз, можно отметить, что коэффициент водопотребления в среднем составил у сорта Red Naomi 7,7 л/шт. срезов, Agua 9,1, Pios 8,9 л/шт. срезов. Всё это позволяет сделать вывод о том, что капельный полив при выращивании различных сортов розы с применением минерально-ватной субстраты в зимних блочных теплицах благоприятно влияет на продуктивность розы.

Ключевые слова: коэффициент водопотребления, зимние теплицы, влажность субстрата, сорта роз, продуктивность роз, капельный полив роз.

Цитирование. Ахмедов А. Д., Азиева И. А. Коэффициенты водопотребления при выращивании роз в зимних теплицах Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 61-71. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-05.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В целях эффективного регулирования и организации рационального использования и охраны орошаемых земель и реализации научно обоснованных принципов мелиоративных технологий необходимо разрабатывать высокоэффективный способ орошения, способный ежегодно повысить продуктивность сельскохозяйственных культур и экономить на 20-25 % оросительную воду. При этом новые технологии должны быть экологически чистыми, т. е. в процессе строительства оросительных систем необходимо тщательно разработать мероприятия по охране пахотных земель, в период эксплуатации орошаемых земель исключить непроизводительные сбросы, потери воды на глубинную фильтрацию и т. п. [1, 3, 6, 8, 14].

Учитывая вышеизложенное можно отметить, что при возделывании любой сельскохозяйственной культуры эффективность режима орошения определяется качеством получаемого урожая и коэффициентом водопотребления. Коэффициент водопотребления изменяется в зависимости от техники и способа полива, биологических особенностей культуры, условий влагообеспеченности, уровня освещенности и т. п. [2, 5, 9, 10, 11].

Однако коэффициент водопотребления в условиях теплицы включает в себя в основном необходимые и непроизводительные затраты воды (связанные непосредственно с орошением), в частности потеря питательного раствора в дренах. Поэтому непроизводительные затраты воды при соблюдении правил режима орошения значительно уменьшаются [4, 7, 8, 12, 13].

В целом зависимость коэффициента водопотребления от продуктивности растений с практической точки зрения объясняется тем, что водопотребление и продуктивность обусловлены действием одних и тех же факторов.

Материалы и методы. В целях изучения различных режимов капельного орошения нами на минерально-ватном субстрате в зимних блочных теплицах голландской конструкции с пролетом 6,4 м и длиной 80 м в течение 2012-2014 гг. были проведены исследования при выращивании разных сортов роз. Опыты непосредственно проводились в г. Волгограде на территории ООО «Теплично-хозяйственный комплекс». На данном участке для установления оптимального режима капельного орошения роз был проведен двухфакторный полевой опыт.

Для исследований фактор А (первый фактор) были выбраны 3 варианта посадочного материала чайно-гибридных сортов немецкой компании «RosenTantau», а фактор В (второй фактор) включал три варианта режима капельного орошения (таблица 1).

Таблица 1 – Факторы полевого опыта при выращивании роз

Table 1 – Factors of field experience in growing roses

№ варианта / Option No.	Факторы / Factors	
	Фактор А / Factor A	Фактор В / Factor B
1	сорт Agua (розовый) / Agua variety (pink)	На уровне 60 – 65 % НВ / At the level 60 – 65 % of FMC
2	сорт Red Naomi (красный) / grade Red Naomi (red)	На уровне 70 – 75 % НВ / At the level 70 – 75 % of FMC
3	сорт Ilios (желтый) / grade Ilios (yellow)	На уровне 80 – 85 % НВ / At the level 80 – 85 % of FMC

Экспериментальный опыт с площадью учетной делянки $10,6 \text{ м}^2$ был заложен методом систематических повторений, повторность опыта трехкратная. При этом в годы исследований годовая сумма солнечной радиации составляла 478,6, 543,3 и 495,5 КДж/ м^2 соответственно в 2012, 2013 и 2014 гг.

При выращивании роз на 1 га в условиях теплицы высаживалось не более 70-80 тыс. саженцев. В условиях теплицы в шахматном порядке проводили посадку роз. При этом на высоте 0,7 м от поверхности пола был установлен лоток. В лоток в шахматном порядке укладывается 2 мата шириной 0,2 м. В каждый мат высаживают по 2 ряда кустов роз. Следовательно, на 1 м^2 размещается 8 кустов роз. Для полива роз к каждому кусту устанавливается капельница с расходом 2 л/ч (рисунок 1).



Рисунок 1 – Посадка роз в шахматном порядке

Figure 1 – Planting roses in a checkerboard pattern

В зависимости от межфазного периода в ходе исследований розы фактическая влажность субстратов в течение года по вариантам опыта поддерживалась близко к запланированной (таблица 2).

В годы исследований для проведения капельного полива была использована установка FD-326D, которая позволяет организовать индивидуальную подачу питательного раствора для отдельных фрагментов теплицы.

При выращивании розы с учетом особенностей теплиц влажность воздуха поддерживали на уровне 70-80 %. Следовательно, в зависимости от межфазного периода развития розы в день среднедневная температура изменялись от $+18,4$ до $+24,9$ °C, а ночное время температура воздуха в среднем составляла $+17,7...+22,6$ °C.

Таблица 2 – Фактическая влажность субстрата в среднем за годы исследований, % от НВ

Table 2 – Actual substrate moisture on average over the years of research, % of FMC

Нижний порог влажности субстрата, % НВ / The lower threshold of substrate moisture, % of FMC	Период / Period	
	Высадка саженцев – начало развития побегов / Planting seedlings – the beginning of the development of shoots	Начало бутонизации – цветение / The beginning of budding - flowering
60-65	65,7	64,6
70-75	75,5	74,8
80-85	85,7	83,9

В ходе исследований ежедневно контролировались влажность и температура воздуха, измерялась температура субстрата. Измерение влажности субстрата проводилось контрольно-измерительным прибором голландского производства WCMcontrol. Для определения количества суточного дренажа с учетной делянки площадью 10,6 м² собирали сток в накопительную емкость и замеряли.

На учетных делянках через каждые 10 дней с каждого варианта для проведения учета отбирали по 5 растений, установили высоту цветочного бутона, диаметр бутона, высоты растения, количество листьев, количество лепестков в одном бутоне. Для уточнения содержания элементов питания один раз в две недели в субстрате брались анализы и по результатам этих анализов проводились корректировки концентрации подаваемого раствора.

Ежедневно кислотность и электропроводность питательного раствора и субстрата определяли специальными приборами рН-тест и ЕС-тест. По результатам исследований проводилась статистическая обработка по методике Б. А. Доспехова.

Результаты и обсуждение. Анализируя данные при выращивании роз в условиях теплицы, можно отметить, что на наших опытах в среднем за три года исследования роз в зависимости от режима орошения коэффициент водопотребления изменялся в пределах от 6,93 до 12,48 л/шт.

Сравнивая варианты между собой, видим, что при режиме орошения 70-75 % НВ влага использовалась наиболее эффективно. В зависимости от сорта роз за три года исследований коэффициент водопотребления на этом варианте в среднем изменялся 7,7-9,1 л/шт. срезов.

В наших исследованиях наибольшие значения коэффициента водопотребления были получены на фоне влажности субстрата на уровне 80-85 % НВ. В целом в зависимости от сорта роз в среднем за годы исследования коэффициент водопотребления на этом варианте изменился в пределах 9,4-11,3 л/шт. срезов (рисунок 2, таблица 3).

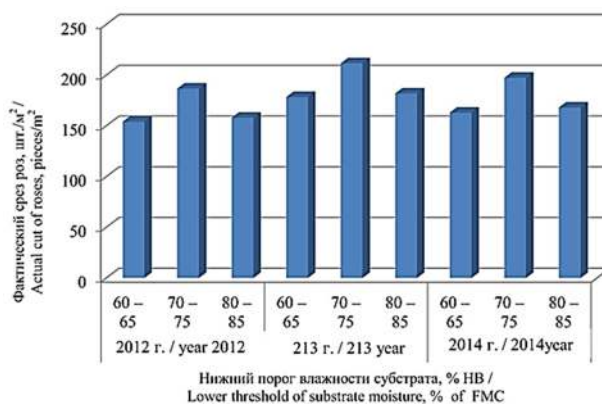


Рисунок 2 – Продуктивность сортов роз в зависимости от влажности субстрата в среднем по годам исследований /

Figure 2 – The productivity of rose varieties depending on the moisture content of the substrate on average over the years of research

Таблица 3 – Коэффициенты водопотребления различных сортов роз
по годам исследований

Table 3 – Water consumption factors for different varieties of roses by years of research

Год / Year	Нижний порог влажности субстрата, % НВ / Lower threshold of substrate moisture, % of FMC	Фактический срез роз, шт./м ² / Actual cut of roses, pieces/m ²	Суммарное водопотребление роз, л/м ² / The total water consumption of roses, l/m ²	Коэффициент водопотребления, л/шт. срезов / Water consumption coefficient, l/piece of slices
Сорт RedNaomi (красный) / grade Red Naomi (red)				
2012	60 – 65	169	1462,4	8,65
	70 – 75	203	1576,5	7,77
	80 – 85	177	1682,2	9,50
2013	60 – 65	200	1428,3	7,14
	70 – 75	235	1629,2	6,93
	80 – 85	207	1691,4	8,17
2014	60 – 65	175	1652,3	9,44
	70 – 75	219	1865,5	8,52
	80 – 85	186	1959,6	10,54
в среднем за 3 года / 3 years on average	60 – 65	181,3	1514,3	8,4
	70 – 75	219,0	1690,4	7,7
	80 – 85	190,0	1777,7	9,4
Сорт Agua (розовый) / Agua variety (pink)				
2012	60 – 65	146	1462,4	10,02
	70 – 75	179	1576,5	8,81
	80 – 85	148	1682,2	11,37
2013	60 – 65	167	1428,3	8,55
	70 – 75	196	1629,2	8,31
	80 – 85	169	1691,4	10,01
2014	60 – 65	155	1652,3	10,66
	70 – 75	186	1865,5	10,03
	80 – 85	157	1959,6	12,48
в среднем за 3 года / 3 years on average	60 – 65	156,0	1514,3	9,7
	70 – 75	187,0	1690,4	9,1
	80 – 85	158,0	1777,7	11,3
Сорт Ilios (желтый) / grade Ilios (yellow)				
2012	60 – 65	147	1462,4	9,95
	70 – 75	178	1576,5	8,86
	80 – 85	149	1682,2	11,29
2013	60 – 65	168	1428,3	8,50
	70 – 75	204	1629,2	7,99
	80 – 85	170	1691,4	9,95
2014	60 – 65	159	1652,3	10,39
	70 – 75	187	1865,5	9,98
	80 – 85	161	1959,6	12,17
в среднем за 3 года / 3 years on average	60 – 65	158,0	1514,3	9,6
	70 – 75	189,7	1690,4	8,9
	80 – 85	160,0	1777,7	11,1

Таким образом, результаты дисперсионного анализа продуктивности роз в зависимости от варианта опыта НСР₀₅ по факторам А и В по годам исследования изменялись соответственно 10,02, 10,14, 8,51 шт./м².

На основании обработки полученных данных зависимость продуктивности розы (Y) от изменения коэффициента водопотребления (K_в) и суммарного водопотребления (E) были выведены следующие уравнения регрессии (рисунки 3, 4) в виде:

$$Y = -18,53x + 352,6; \quad R^2 = 0,720;$$

$$Y = 0,104x + 21,06; \quad R^2 = 0,758.$$

Поскольку фактические значения коэффициентов корреляции значительно превышают теоретические граничные значения и стремятся к единице, корреляционная связь между ними является достаточно сильной.

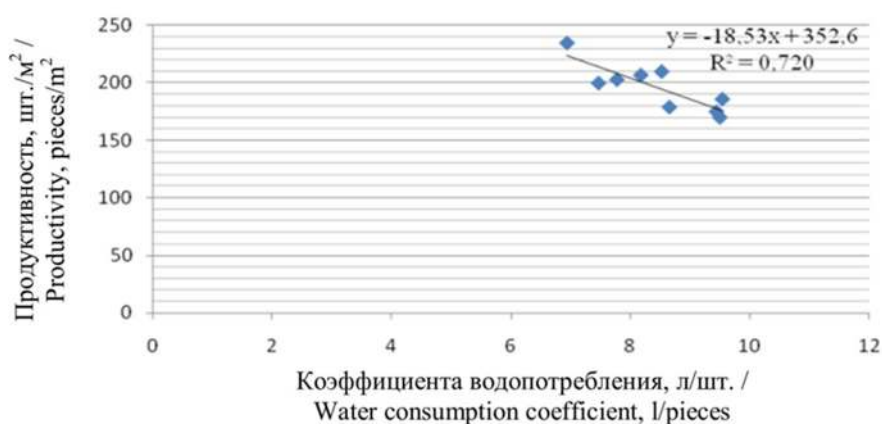


Рисунок 3 – Зависимость продуктивности роз от изменения коэффициента водопотребления

Figure 3 – The dependence of the productivity of roses on changes in the coefficient of water consumption

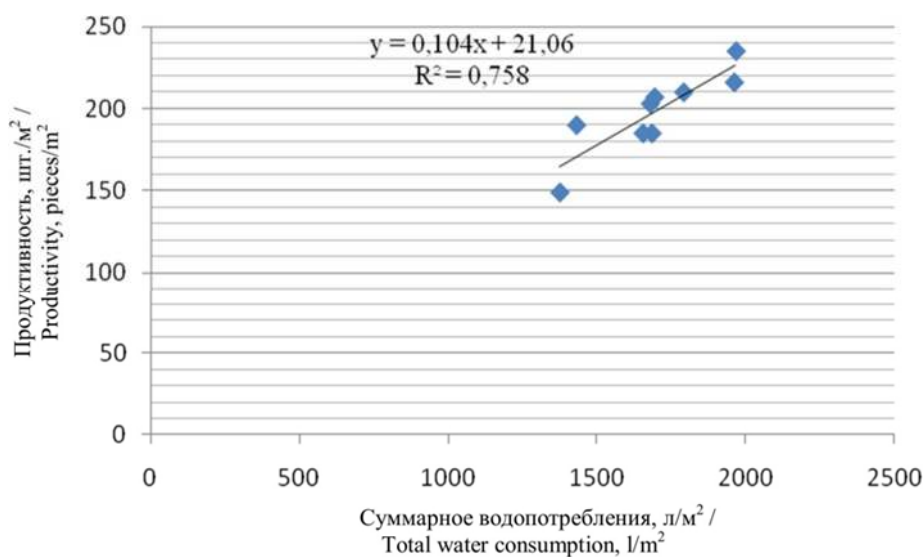


Рисунок 4 – Зависимость продуктивности роз от изменения суммарного водопотребления

Figure 4 – The dependence of the productivity of roses on changes in total water consumption

Используя метод множественного регрессионного анализа, мы построили поверхности отклика линейной зависимости коэффициента водопотребления тепличных роз от продуктивности и их суммарного водопотребления (рисунки 5, 6) и получили следующее уравнение:

$$K_v = -0,05 \cdot Y + 0,006 \cdot E + 8,924,$$

где K_v – коэффициент водопотребления, л/шт.; Y – продуктивность, шт./м²; E – суммарное водопотребление, л/м².

При этом среднеквадратичное отклонение расчетных и экспериментальных данных составляет 0,55, или 5,8 % от среднего значения коэффициента водопотребления. Корреляционное отношение равно 0,984.

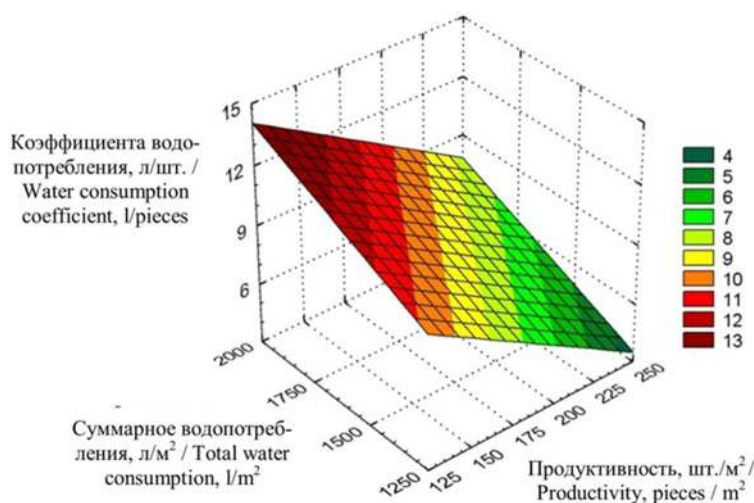


Рисунок 5 – Поверхности отклика линейной зависимости коэффициента водопотребления тепличных роз от продуктивности и их суммарного водопотребления

Figure 5 – Response surfaces of the linear dependence of the coefficient of water consumption of greenhouse roses on productivity and their total water consumption

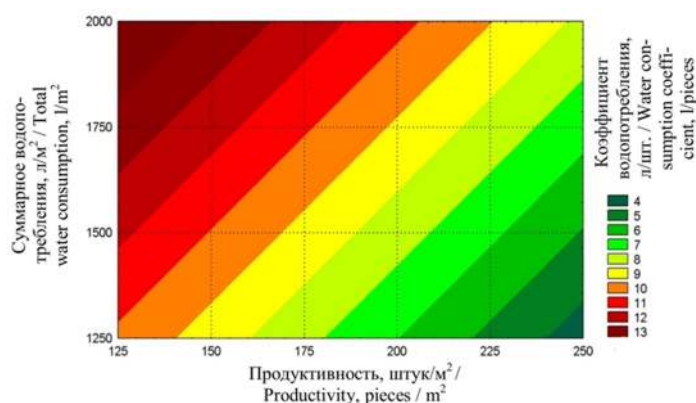


Рисунок 6 – Линейной зависимости контуры значений коэффициента водопотребления тепличных роз от продуктивности и их суммарного водопотребления

Figure 6 – The linear dependence of the contours of the values of the coefficient of water consumption of greenhouse roses on productivity and their total water consumption

Выводы. В ходе исследования установлено, что за весь период вегетации розы величина коэффициента водопотребления в среднем за три года исследований с применением капельного полива изменялась от 7,70 до 11,66 л/м². При этом самый высокий коэффициент водопотребления был отмечен на варианте 80-85 % НВ, который в зависимости от сорта роз в среднем за три года исследований находился в пределах 9,4-11,3 л/шт. срезов. Анализ полученных данных показывает, что, сравнивая варианты между собой, видим, что при режиме орошения 70-75 % НВ влага использовалась наиболее эффективно. Коэффициент водопотребления на этом варианте в среднем составил у сорта Agua 9,1, Red Naomi 7,7, Pios 8,9 л/шт. срезов. Всё это позволяет сделать вывод о том, что капельный полив при выращивании различных сортов розы с применением минерально-ватной субстраты в зимних блочных теплицах благоприятно влияет на продуктивность розы.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Азиева И. А. Влияние различных влажностей субстрата на продуктивность роз в условиях теплицы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 261-269.
2. Боровой Е. П., Азиева И. А. Особенности регулирования водного режима роз в теплице // Аграрный научный журнал. 2015. № 6. С.10-13.
3. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 1. С. 8-11.
4. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Методика расчёта и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта // Природообустройство. 2012. № 4. С. 29-32.
5. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, А. С. Овчинников, В. С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4(40). С. 21-28.
6. Оптимизация распределения водных ресурсов для различных уровней технической схемы Райгородской ОС / С. М. Васильев [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 4(16). 12 с. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=292&id=297>.
7. Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье / А. С. Овчинников, Е. А. Ходяков, С. Г. Милованов, К. В. Бондаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №3 (55). С.15-24.
8. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. 341 p. 012105.
9. Lamm F. R., Rogers D. H. Longevity and performance of a subsurface drip irrigation system. Trans ASABE. 2017. № 60(3). P. 931-939.
10. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.
11. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Methodology of calculation and justification of wetting parameters in the open field and greenhouse // Environmental Engineering. 2012. № 4. 29 p.
12. The efficiency of drip irrigation unpacked / Saskia van der Kooij, Margreet Zwarteveen, Harm Boesveld, Marcel Kuper // Agricultural Water Management. 2013. V.123. P. 103-110.
13. Xu Jie, Xiao Yu, Xie Gaodi Analysis on the Spatio-temporal Patterns of Water Conservation Services in Beijing // Journal of Resources and Ecology. 2019. № 4 (10). P. 353-361.
14. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. No. 96(5). P. 1253-1265.

Conclusion. The study found that, for the entire period of the growing season of roses, the average water consumption coefficient for three years of research using drip irrigation varies from 7.70 to 11.66 l/m². At the same time, the highest coefficient of water consumption was noted on the variant of 80-85 % of FMC, which depending on the variety of roses for an average of three years of research was in the range of 9.4-11.3 l/piece slices. An analysis of the data obtained shows that comparing the options with each other, we see that under the irrigation regime of 70-75 % of FMC, moisture was used most effectively. The water consumption coefficient on this variant averaged at Agua 9.1, Red Naomi 7.7, Ilios 8.9 l/piece slices. All this allows us to conclude that drip irrigation during the cultivation of various rose varieties using a mineral-cotton substrate in winter block greenhouses favorably affects the productivity of the rose.

Reference

1. Akhmedov A. D., Azieva I. A. The effect of various substrate humidity on the productivity of roses in a greenhouse // Bulletin of the Lower Volga agro-university complex: science and higher professional education. 2016. No.4 (44). P. 261-269.
2. Borovoy E. P., Azieva I. A. Features of regulation of the water regime of roses in a greenhouse // Agrarian scientific journal. 2015. No.6. P. 10-13.
3. Borodychev V. V., Lytov M. N. An algorithm for solving the problems of controlling the water regime of the soil during crop irrigation // Land reclamation and water management. 2015. No.1. P. 8-11.
4. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Calculation methodology and justification of the parameters of the humidification circuit in open and closed ground conditions // Environmental Engineering. 2012. No. 4. P. 29-32.
5. Optimal irrigation control based on modern computational algorithms / V. V. Borodychev, M. N. Lytov, A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2015. No.4 (40). P. 21-28.
6. Optimization of the distribution of water resources for various levels of the technical scheme of the Raigorod OS / S. M. Vasiliev [and others] // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation. - The electron. Zh. 2014. No.4 (16). 12 p. Access mode: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=292&id=297>.
7. Irrigation regime for cotton with sprinkling and drip irrigation in the Lower Volga region / A. S. Ovchinnikov, E. A. Khodyakov, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2019. No.3 (55). P. 15-24.
8. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. 341 p. 012105.
9. Lamm F. R., Rogers D. H. Longevity and performance of a subsurface drip irrigation system. Trans ASABE. 2017. № 60(3). P. 931-939.
10. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.
11. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Methodology of calculation and justification of wetting parameters in the open field and greenhouse // Environmental Engineering. 2012. № 4. 29 p.
12. The efficiency of drip irrigation unpacked / Saskia van der Kooij, Margreet Zwarteveen, Harm Boesveld, Marcel Kuper // Agricultural Water Management. 2013. V.123. P. 103-110.
13. Xu Jie, Xiao Yu, Xie Gaodi Analysis on the Spatio-temporal Patterns of Water Conservation Services in Beijing // Journal of Resources and Ecology. 2019. № 4 (10). P. 353-361.
14. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. No.96 (5). P. 1253-1265.

Authors Information

Ahmedov Askar Dzhangir oglu, professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky pr. 26) Doctor of Technical Sciences, professor, askar-5@mail.ru

Azieva Irina Aleksandrovna, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospect, 26) Ph.D., azieva-00@mail.ru

Информация об авторе

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

Азиева Ирина Александровна, доцент ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, azieva-00@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-06

ANALYSIS OF WEATHER IN VOLGOGRAD REGION FOR A LONG PERIOD OF TIME AND GRAIN CROP PRODUCTIVITY

A.M. Belyakov, M.V. Nazarova

Federal State Budget Scientific Institution

«Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration

and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd, Russia

Received 17.03.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

The article is devoted to the analysis of weather conditions in the Volgograd region for a long period of time – 63 years, and also shows the degree of dependence of grain crops in the region on the emerging humidification conditions.

Abstract

Introduction. Climate and weather still play a leading role in farming the region and the country as a whole. Man has been trying for centuries to reduce the dependence of agricultural results on natural factors. The success of this direction is largely due to the level of knowledge of natural phenomena, such as drought, extinct, soaking, deflation, soil erosion, etc., which often lead to land degradation and desertification of significant areas. **Object.** The object of the research is meteorological conditions, both a specific year and its growing period in a sample of a long number of years of the Volgograd region. **Materials and methods.** Meteorological data are derived from systematic and long-term observations of the hydrometeorological post of The Lower Volga Research Institute of Agriculture. The method of analyzing large sets of statistical data was used in the processing of materials according to meteorological conditions. **Results and conclusion.** 5 groups of analyzed years have been allocated according to the arrival of the annual amount of precipitation for the latitude of Volgograd. 1st group: dry years with precipitation of up to 270 mm, 2nd: dry – 271-320 mm, 3rd: average in moisturisation – 321-370 mm, 4th: wet – 371-420 mm and 5 group: very wet with arrival of more than 420 mm. According to this criterion, the share of acutely dry years was 14.5%, dry years – 27.4%, average moisturization – 27.4%, wet years – 10.6% and very wet years – 14.5%. The sum of positive temperatures also falls with humidification levels rising from 4,298 first group of years to 3,441 degrees Celsius fifth group of years. In order to objectively assess the state of moisture supply of soil and crops, 4 groups of years have been allocated according to the Selyaninov hydrothermal coefficient: years are acutely arid (hydrothermal coefficient up to 0.3), arid (0.31-0.45), average moistening (0.46-0.60) and wet (more than 0.60). Data on crop productivity over a long period of time were analysed. There has been an objective increase in the yield of all crops. Crop yields averaged 0.5-0.7 t/ha. From 1958 to 1969 the yield increased to 1.12 t/ha. The highest yield of this period was in 1968 and was 1.79 t/ha. From 1970 to 1996, cereal productivity continued to grow and averaged 1.30 t/ha with records of 1.92 t/ha in 1976, 1.97 t/ha in 1998 and 2.06 t/ha in 1990. From 1997 to the present, the average grain yield was 1.58 t/ha with a 2008 record of 2.46 t/ha. The growth of yield in the Volgograd region averaged

1.08 tons/ha, which testifies to technological progress in the industry and primarily due to selection. Despite a clear positive manifestation of scientific and technological progress in the industry, the dependence of the region's cereal harvest on weather remains significant, with up to 1/3 of the gross harvest. The characteristics of weather conditions of a large number of years and their analysis allow not only to better understand the mechanism of weather impact on the growth and development of agricultural plants, but also to predict the course of their manifestations, as well as to develop measures of counteraction.

Key words: *region, climate, weather, moisturizing conditions, crops, gross fees, cereals, agricultural technologies.*

Citation. Belyakov A.M., Nazarova M.V. Analysis of weather in Volgograd region for a long period of time and grain crop. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 71-79 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-06.

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

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

УДК 551.5:633.2

АНАЛИЗ ПОГОДЫ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ДЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ И УРОЖАЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А. М. Беляков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. В. Назарова, младший научный сотрудник

*ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 17.03.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Климат и погода до сих пор играют ведущую роль в земледелии региона и страны в целом. Человек на протяжении многих веков пытается снизить зависимость результатов сельскохозяйственной деятельности от природных факторов. Успех данного направления во многом обусловлен уровнем знания о природных явлениях, таких как засуха, вымерзание, вымокание, дефляция, эрозия почв и т. д., приводящих часто к деградации почв и опустыниванию значительных территорий. **Объект.** Объектом исследований являются метеорологические условия как конкретного года, так и его вегетационного периода в выборке длинного ряда лет Волгоградской области. **Материалы и методы.** Метеорологические данные получены на основе систематических и длительных наблюдений гидрометеорологического поста НВ НИИСХ (Ниже-Волжского научно-исследовательского института сельского хозяйства). При обработке материалов по метеоусловиям использовался метод анализа больших массивов статистических данных. **Результаты и выводы.** Выделено 5 групп анализируемых лет по приходу годовой суммы осадков для широты г. Волгограда. 1-я группа: засушливые годы с приходом осадков до 270 мм, 2-я: сухие – 271-320 мм, 3-я: средние по увлажнению – 321-370 мм, 4-я: влажные – 371-420 мм и 5-я группа: очень влажные с приходом более 420 мм. По данному критерию доля острозасушливых лет составила 14,5 %, засушливых – 27,4 %, средних по увлажнению – 27,4 %, влажных – 10,6 % и очень влажных – 14,5 %. Сумма положительных температур также падает с ростом уровня увлажнения с 4298 первой группы лет до 3441 градусов Цельсия пятой группы лет. Для объективной оценки состояния влагообеспеченности почвы и посевов выделено 4 группы лет по показателям гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК): годы острозасушливые (ГТК до 0,3), засушливые (0,31-0,45), средние по увлажнению (0,46-0,60) и влажные (более 0,60). Проведен анализ данных по продуктивности сельскохозяйственных культур за длительный период времени. Отмечен объективный рост урожайности всех культур. Урожайность зерновых культур в среднем составляла 0,5-0,7 т/га. С 1958 по 1969 гг. урожайность возросла до 1,12 т/га. Самая

высокая урожайность этого периода была в 1968 г. и составляла 1,79 т/га. С 1970 по 1996 гг. продуктивность зерновых культур продолжала расти и в среднем составила 1,30 т/га с рекордами: 1976 г. – 1,92 т/га, 1998 г. – 1,97 т/га, 1990 г. – 2,06 т/га. С 1997 г. по настоящее время средняя урожайность зерновых составила 1,58 т/га с рекордом 2008 г. 2,46 т/га. Прирост урожайности в Волгоградской области в среднем составил 1,08 т/га, что свидетельствует о технологическом прогрессе в отрасли, и прежде всего за счет селекции. Несмотря на явное позитивное проявление научно-технологического прогресса в отрасли, зависимость сбора урожая зерновых культур в регионе от погоды по-прежнему остается существенной: до 1/3 валового сбора. Характеристики погодных условий большого числа лет и их анализ позволяют не только глубже понять механизм воздействия погоды на рост и развитие сельскохозяйственных растений, но и прогнозировать ход их проявлений, а также вырабатывать меры противодействия.

Ключевые слова: условия возделывания зерновых культур, климатические условия возделывания, метеорологические условия, анализ метеоусловий.

Цитирование. Беляков А. М., Назарова М. В. Анализ погоды в Волгоградской области за длительный период времени и урожай зерновых культур *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 71-79. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-06.

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. По данным исследователей Е. С. Улановой (1975), В. А. Моисейчик (1975), Ю. А. Чиркова (1979), Свисюк И. В. (1980), Сажина А. Н. (1993), до 40-60 % урожая сельскохозяйственных культур зависит и формируется в зависимости от погоды. Так, если в 30-50-е годы уровень продуктивности зерновых культур в Волгоградской области составлял 4-6 кг на 1 мм осадков при средней урожайности 8-10 ц/га, то в 60-80-е годы он достигал 7-8 кг на 1 мм осадков при урожайности 14-16 ц/га. В настоящее время хозяйства уверенно получают 10 и более кг зерна на каждый мм осадков, чему способствовали существенные достижения аграрной науки и практики [6].

Здесь следует отметить, что при сбалансированном и взвешенном подходе при ведении сельскохозяйственной деятельности удастся не только снизить отрицательное влияние погоды и климата, но и удастся даже наоборот нарастить производство продукции и существенно увеличить производительность труда в аграрной сфере производства [1, 5, 9, 10].

Материалы и методы. Для изучения и понимания механизма воздействия погоды на посев и выработку мер технологического, биологического, организационного противодействия отрицательным метеорологическим факторам необходим глубокий анализ метеорологических условий как конкретного года, так и его вегетационного периода, выборки длинного ряда лет (десятилетий).

В данной работе использовался метод анализа больших статистических данных [4], а именно основных метеорологических наблюдений за период в 63 года. Метеорологические данные получены на основе систематических и длительных наблюдений гидрометеорологического поста НВ НИИСХ (Ниже-Волжского научно-исследовательского института сельского хозяйства), который был организован в 1981 г. на базе Сталинградской Опытной сельскохозяйственной станции, функционирующей с 1925 года.

Метеорологические показатели снимались ежедневно в часы согласно рекомендациям Гидрометеоцентра и специальным методикам, в том числе «Руководства для гидрометеорологических постов». Ежедневные данные систематизировались и математически обрабатывались, сводились в таблицы по месяцам и годам.

Также представлен анализ и дана характеристика вегетационных периодов и особенностей сложившихся погодных условий для ведения сельскохозяйственного производства. Считаем, что описательные характеристики погодных условий большого числа лет и их анализ позволят не только глубже понять механизм воздействия погоды на рост и развитие сельскохозяйственных растений, но и прогнозировать периодичность природных явлений, а также вырабатывать меры противодействия и снижения их воздействия.

Результаты и обсуждение. Усредненные месячные данные по годам представлены в таблице 1. При оценке условий увлажнения анализируемых лет по приходу годовой суммы осадков для широты г. Волгограда можно условно выделить 5 групп. Засушливые годы с приходом осадков до 270 мм – 1-я группа, сухие – 271-320 мм – 2-я группа, средние по увлажнению – 321-370 мм – 3-я группа, влажные – 371-420 мм – 4-я группа и очень влажные с приходом более 420 мм – 5-я группа.

К первой группе по данному критерию относятся 1957, 1959, 1962, 1963, 1971, 1972, 1975, 1986, 1999 гг. или 9 из 62 анализируемых лет, где число дней с осадками составляло 39-75, сумма положительных температур 3665-4298 град. Цельсия.

Ко второй группе лет относятся 1958, 1960, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1974, 1980, 1984, 1994, 2006, 2008, 2010, 2011, 2012 гг. или 17 лет с числом дней с осадками 59-88 и суммой положительных температур 3473-3887 град. Цельсия.

К третьей группе лет со средней засушливостью относятся 1956, 1977, 1978, 1979, 1981, 1982, 1987, 1995, 1996, 1998, 2003, 2005, 2007, 2009, 2015, 2017, 2018 гг. или 17 лет с числом дней с осадками 64-105 и суммой положительных температур 3538-3828 град. Цельсия.

К четвертой группе относятся 1961, 1970, 1976, 1983, 1985, 1991, 2000, 2001, 2002, 2004 гг. или 10 лет, число дней с осадками составило 75-118, сумма положительных температур – 3454- 3644 град. Цельсия.

К пятой группе лет относятся 1973, 1988, 1989, 1990, 1992, 1993, 1997, 2013, 2016 гг. или 9 лет, число дней с осадками 80-121, сумма положительных температур 3441-3740 град. Цельсия.

Таким образом, по данному критерию доля острозасушливых лет составила 14,5 %, засушливых – 27,4 %, средних по увлажнению – 27,4 %, влажных – 10,6 % и очень влажных – 14,5 %. Просматривается закономерность увеличения числа дней с осадками от 39 первой группы лет до 121 пятой группы лет с шагом между группами 11-17 дней. Сумма положительных температур также падает с ростом уровня увлажнения с 4298 первой группы лет до 3441 град Цельсия пятой группы лет. Уровень падения положительных температур между максимумом и минимумом составил 857 градусов.

Однако такой подход оценки погодной условий является достаточно прямолинейным и не дает объективной характеристики условий увлажнения, так как наиболее урожайные 1976 и 1978 годы с рекордными валовыми сборами зерновых культур отнесены не к пятой высшей группе увлажнения, а к четвертой и даже третьей группам, а очень засушливый 2010 год отнесен не к первой, а ко второй группе лет.

Существенно меняет картину состояния влагообеспеченности почвы и посевов, дает наиболее полную и достаточно объективную характеристику погодным условиям года группировка условий увлажнения вегетационного периода по показаниям гидро-термического коэффициента Селянинова (ГТК), который рассчитывается как отношение суммы осадков к сумме положительных температур за теплый период (период вегетации культур).

Таблица 1 – Метеоданные за 1956-2018 гг.

Table 1 – Weather data for 1956-2018 years

Годы / Years	Осадки, мм / количество дней / Precipi tation, mm/ at days	t°C max/min	Σ t за вегетацию / Σ t for vegetation	Количество сухове́йных дней/штитель / quantity of dry wind days / calm	ГТК за вегетацию / HTC for vegetation	Начало и конец вегетации / Start and end of vegetation	Годы / Years	Осадки, мм / количество дней / Precipi tation, mm/ at days	t°C max/min	Σ t за вегетацию / Σ t for vegetation	Количество сухове́йных дней / штитель quantity of dry wind days / calm	ГТК за вегетацию / HTC for vegetation	Начало и конец вегетации / Start and end of vegetation
1956	323,9/86	35/-27,5	3405	2 / 85	0,58	13.04/01.11	1970	396,5/79	36,6/-29,2	3622	2/62	0,59	29.03/26.10
1957	198,2/66	36,2/-26,0	4032	50 / 98	0,33	06.04/08.11	1971	161,0/55	40,0/-24,2	3654	19/69	0,27	12.04/18.10
1958	285,5/62	35,0/-27,0	3364	7/169	0,48	07.04/23.10	1972	131,3/39	39,5/-31,0	4298	52/82	0,19	30.03/29.09
1959	184,5/56	36,2/-26,2	3425	15/125	0,42	09.04/03.10	1973	480,3/86	32,0/-30,2	3441	0/97	1,09	27.03/24.10
1960	305,3/62	37,0/-26,4	3120	11/103	0,74	11.03/02.11	1974	304,2/56	34,0/-24,5	3630	0/104	0,71	04.04/06.11
1961	413,8/73	35,0/-21,4	3454	2/143	0,83	30.03/08.11	1975	192,7/49	41,0/-24,0	4130	18/97	0,26	28.03/23.10
1962	270,2/59	36,2/-20,0	3665	12/113	0,55	01.04/13.10	1976	376,1/69	32,6/-28,4	3202	0/85	0,99	04.04/13.10
1963	258,7/68	34,0/-28,2	3620	7/154	0,35	12.04/22.10	1977	348,4/79	36,2/-31,0	3679	4/74	0,59	28.03/15.10
1964	274,8/61	33,0/-26,0	3294	0/158	0,67	16.04/29.10	1978	338,5/74	34,0/-25,5	3413	0/72	0,66	22.03/31.10
1965	306,8/72	37,5/-26,0	3473	0/174	0,45	16.04/06.11	1979	337,2/68	37,2/-27,8	3653	13/93	0,55	31.03/24.10
1966	289,0/57	37,0/-25,0	3738	1/188	0,44	30.03/31.10	1980	309,3/72	37,5/-27,5	3454	13/35	0,56	09.04 /01.11
1967	307,8/68	34,5/-29,5	3690	0/204	0,49	03.04/14.11	1981	346,6/68	36,2/-18,2	3692	5/116	0,62	11.04/10.11
1968	271,3/57	36,0/-26,5	3557	0/186	0,53	30.03/21.10	1982	334,9/64	36,8/-25,2	3292	4/101	0,74	30.03 07.04/19.10
1969	272,7/63	35,5/-31,7	3459	2/56	0,57	11.04/20.10	1983	390,9/75	37,1/-20,0	3782	0/103	0,75	22.03/31.10
1984	293,7/59	39,6/-25,0	3687	18/110	0,57	02.04/30.10	2002	402,9/84	37,1/-26,5	3565	1/92	0,60	21.03/30.10
1985	381,9/101	37,5/-26,7	3589	11/118	0,73	03.04/18.10	2003	365,7/104	34,7/-22,5	3250	0/97	0,75	07.04/24.10
1986	212,0/58	36,0/-25,5	3847	10/155	0,27	29.03/29.10	2004	404,8/118	35,8/-20,0	3462	1/97	0,71	06.04/17.11
1987	324,9/107	36,2/-28,0	3269	0/120	0,68	25.04/24.09	2005	363,5/104	35,2/-20,6	3833	0/106	0,63	06.04 /05.11
1988	682,5/80	35,0/-30,0	3669	0/181	1,44	04.04/20.10	2006	315,5/97	37,8/-32,0	3739	12/103	0,54	29.03/05.11
1989	702,2/79	34,0/-25,0	3136	0/187	1,74	10.04/05.11	2007	345,9/93	38,0/-22,7	3821	19/107	0,54	28.03/05.11
1990	706,9/91	36,4/-20,0	3482	0/203	1,02	20.03/07.11	2008	277,8/101	36,8/-29,0	3867	5/50	0,48	23.03/04.11
1991	405,7/61	38,5/-23,0	3582	2/224	0,81	02.04/25.10	2009	333,7/102	38,8/-23,0	3751	21/0	0,46	25.03/26.10
1992	486,8/486,8	37,0/-20,5	3333	5/141	0,95	26.03/01.11	2010	307/88	40,5/-23,0	3968	51/79	0,50	28.03/29.10
1993	569,7/77	30,0/-20,5	3290	-	1,42	23.03/27.10	2011	294,4/87	39,5/-28,2	3751	24/0	0,53	03.04/24.10
1994	268,3/88	268,3/-30,2	3612	-	0,34	04.04/04.11	2012	271,4/89	38,9/-31,5	4151	14/0	0,34	30.03/11.11
1995	343,0/96	35,5/-19,0	3783	0/69	0,52	26.03/09.11	2013	442,6/98	34,8/-28,9	3715	7/146	0,79	06.04/18.10
1996	362,1/64	36,3/-25,8	3500	13/87	0,81	04.04/26.10	2014	288,4/69	35,4/-28,1	3831	6/34	0,30	12.04/16.10
1997	431,3/80	35,6/-31,3	3776	0/54	0,91	29.03/26.10	2015	361,3/105	35,2/-27,8	3913	5/28	0,55	12.04/26.10
1998	334,9/86	38,0/-25,2	3893	6/62	0,32	07.04/07.11	2016	538,3/121	34,9/-27,6	3789	3/13	0,85	16.04/26.10
1999	249,7/75	37,8/-22,8	3808	2/88	0,34	24.03/18.10	2017	359,8/94	32,0/-31,4	3716	1/31	0,55	10.04/22.10
2000	411,8/75	37,0/-19,7	4178	0/110	0,69	01.04/21.10	2018	340,1/86	34,3/-27,5	4189	5/30	0,37	12.04/25.10
2001	403,2/77	38,5/-27,0	3644	0/65	0,65	03.04/16.10							

Учитывая абсолютные значения ГТК для Нижнего Поволжья и Волгоградской области [8], условно можем выделить 4 группы: годы острозасушливые с показаниями ГТК до 0,3; засушливые 0,31-0,45; средние по увлажнению 0,46-0,60 и влажные, когда ГТК имеет значения более 0,60.

Так, если оценивать ГТК только за июнь как наиболее важного периода закладки и формирования урожая зерновых культур с показаниями до 0,20, то к острозасушливым годам следует отнести 1956, 1957, 1959, 1963, 1971, 1972, 1975, 1979, 1981, 1998, 2002, 2008, 2009, 2010, 2012 и 2018 гг. Если выполнить подобный анализ за июль, то к острозасушливым годам добавятся 1965, 1967, 1980, 1986, 1995, 1996, 1999, 2001, 2006, 2011, 2014, 2015, 2017, но в данном случае выпадают из этого ряда 1956, 1957, 1963, 1975, 1979, 1981, 2008, 2009, 2012 2018 годы.

Анализ условий увлажнения текущего года по ГТК за весенне-летний период ежемесячно с мая по август показывает достаточно объективную картину влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. Так, 1956 год был сложным по приходу осадков, засухи проявили себя в июне и августе, ГТК имел значения 0,04-0,05, однако майские и июльские дожди изменяли данный показатель до 0,58.

Системные засухи, т.е. период без дождей более 40 дней с показателями ГТК менее 0,3 в течение 3-х месяцев или острозасушливые годы: 1957, 1959, 1963, 1971, 1972, 1975, 1979, 1986, 1998, 2002, 2010, 2012, 2014 гг.

К засушливым годам с ГТК 0,31-0,45 следует отнести 1965, 1981, 1985, 1991, 1996, 1999, 2001, 2006, 2008, 2011, 2013, 2015, 2017, 2018 гг.

Однако к наиболее засушливым годам, которые характеризуются существенными недоборами урожая сельскохозяйственных культур, относятся 1959, 1963, 1971, 1972, 1986, 1998, 2002, 2010, 2014 гг., из которых особо выделяются 1972, 1986, 2010 годы.

К влажным годам с показаниями ГТК более 0,6 можно отнести 1961, 1973, 1976, 1978, 1983, 1988, 1989, 1990 2000. 2005, 2016 гг., где наиболее благополучными, с высоким сбором зерна были 1976, 1978 и 2016 гг. Остальные годы с ГТК 0,46-0,60 можно отнести к средним по увлажнению.

Урожайность сельскохозяйственных культур в полной мере сопряжена с погодными условиями конкретного года и объективно через реакцию растений на условия увлажнения характеризует почвенно-климатические условия произрастания [3, 7].

Анализируя данные по продуктивности сельскохозяйственных культур за длительный период времени, следует отметить объективный рост урожайности всех культур. Так, если в начале двадцатого века урожайность зерновых культур в среднем составляла 0,5 т/га и самая высокая урожайность – 0,84 т/га в 1955 году, то начиная с 1958 по 1969 год она возросла до 1,12 т/га с максимальной цифрой 1,79 т/га в 1968 году. В последующий период с 1970 по 1996 год продуктивность зерновых культур продолжала расти и в среднем составила 1,30 т/га с рекордами 1976 года – 1,92 т/га, 1998 года – 1,97 т/га, 1990 года – 2,06 т/га. В последний период времени с 1997 года по настоящее время, средняя урожайность зерновых составила 1,58 т/га с рекордом 2008 года – 2,46 т/га [2].

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о постоянном и существенном росте продуктивности зерновых культур Волгоградской области, несмотря на засушливость климата и проявление неблагоприятных факторов погоды. Прирост урожайности в Волгоградской области в среднем составил 1,08 т/га с максимальным сбором 2,46 т/га в 2008 году, что свидетельствует о технологическом прогрессе в отрасли и прежде всего за счет селекции.

Технологический прогресс в 30-50-е годы прошлого столетия связан с появлением первых тракторов и переходом на механическую тягу, организацией машинно-технологических станций (МТС), проведением коллективизации в сельском хозяйстве. В

этот же период в стране создается сеть опытных станций и научно-исследовательских институтов. Так, в Волгоградской области были организованы и функционировали Валуйская, Камышинская, Сталинградская опытные станции. Это позволило в короткие сроки внедрить механизацию в отрасль, существенно поднять производительность труда.

В 50-60-е годы, с приходом новых зимостойких сортов озимой пшеницы, таких как Мироновская 264, Мироновская 808, Безостая 1, Безостая 4, селекции В. В. Ремесло и П. П. Лукьяненко, Волгоградская область стала стабильно возделывать озимую пшеницу, что существенно способствовало росту урожайности зерна. Позже в производстве длительное время использовались более высокопродуктивные сорта этих же авторов Мироновская, Юбилейная-50 и Краснодарская 39, которые внесли свою весомую лепту в рост урожайности зерновых культур.

Технический и технологический прогресс 70-х начала 90-х годов в основном опирался на отечественные разработки, и в принципе обеспечивался паритет и продовольственная независимость страны, но объективно было признано отставание в производительности труда и высокая себестоимость производства продукции.

В последующем с переходом на рыночные отношения произошли существенные изменения в научно-технологическом обеспечении отечественных товаропроизводителей. В практике стала использоваться современная гербицидная группа и пестициды нового поколения, более прогрессивные технические средства и мировая селекция овощных, пропашных культур (подсолнечника, кукурузы, свеклы). Все это позволило выйти на новый уровень роста урожайности сельскохозяйственных культур и сегодня 3,0-4,0 т/га зерна для юга и 4,0-5,0 т/га для севера области вполне достижимые урожаи. При производстве овощей урожайность составляет 50-70 т/га, а передовые овощеводы получают 80-100 т/га лука, томатов.

Погода и в наши дни по-прежнему вносит свои коррективы, однако зависимость от нее существенно снижается, и здесь важное слово остается за наукой и использованием научных разработок на практике.

Валовые сборы зерновых культур в Волгоградской области до 1965 года составляли в пределах 2,2-2,5 млн т, где основу урожая составляли яровые культуры: пшеница, ячмень, просо. С приходом новых зимостойких и урожайных сортов озимой пшеницы, валовые сборы зерна существенно возросли до 3,0-3,6 млн т, озимые стали составлять основу урожая зерновых культур. Позже с ростом технологического уровня валовые сборы зерновых культур стали достигать 4,0-5,0 млн т, а в годы с благоприятными осадками и выше, как например, в 1970 году – 6,6 млн т. Рекордными для Волгоградской области стали 1976 год, когда было собрано 7,7 млн т и 1978 год с урожаем 7,8 млн т. В засушливые 1984 и 1986 годы валовые сборы падали до 1,33 и 2,54 млн т соответственно [2].

Важно отметить, что в переходный период от плановой к рыночной экономике начиная с 1995 года произошло существенное падение до 1,03-1,87 млн т сбора урожая зерновых культур по причине резкого сокращения посевных площадей, низкой технологической дисциплины, использования устаревшей техники, но самой главной причиной остается вхождение в рыночные отношения и их освоение.

После 2000 года валовые сборы зерновых культур в Волгоградской области стабилизировались на уровне 2,87-3,89 млн т, а в благоприятные по увлажнению годы, такие как 2008 год, валовой сбор зерновых достигал 5,35 млн т.

Валовой сбор зерновых культур в последние годы в регионе составляет 4,6-5,7 млн т, что обеспечивается в основном постоянным ростом урожайности за счет фактора интенсификации агротехнологий, под которым понимается использование лучших селекционных достижений, применение высоких доз удобрений, защитных комплексов и высокопроизводительной техники отечественных и зарубежных производителей.

Выводы. Продуктивность зерновых и овощных культур в Волгоградской области существенно выросла, в настоящий период составляет 10 и более кг зерна на каждый мм осадков, тогда как в прошлом она составляла 4-6 и 7-8 кг на 1 мм осадков, что позволяет стабильно получать 4,0-5,0 млн т зерна, более 1,0 млн т овощей и подсолнечника, что свидетельствует о технологическом прогрессе в отрасли и регионе. Большая статистическая выборка за 63 года на широте г. Волгограда показывает, что погодные условия по осадкам, температурному режиму, показаниям ГТК очень сильно варьируют и по абсолютным значениям не могут обеспечивать высокую и стабильную продуктивность сельскохозяйственных культур, которая изменяется пропорционально условиям увлажнения. Зависимость сбора урожая зерновых культур в регионе от погоды по-прежнему остается существенной до 1/3 валовых сборов «технических культур».

Библиографический список

1. Агропромышленный комплекс Волгоградской области: современные тренды, государственное регулирование, потенциал и перспективы роста / И. В. Митрофанова, Л. В. Обьедкова, Т. В. Опейкина, О. В. Прокопова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2017. Т. 7. № 2В. С. 299-313.
2. Беляков А. М. Погода и урожай за 60 лет (статистика погоды и урожаев по Волгоградской области за 63 года). Волгоград.: «Принт», 2019. 87 с.
3. Бисchoков Р. М., Суханова С. Ф., Гварамия А. А. Современная технология прогнозирования урожайности полевых культур // Вестник Курганской ГСХА. 2015. № 3(15). С. 52-58.
4. Бунтова Е. В. Способы анализа результатов наблюдений методами математической статистики // Инновации в науке: научный журнал. 2017. № 1(62). С. 42-49.
5. Инновационный и экологический аспекты перехода к адаптивно-ландшафтной системе земледелия / В. И. Нечаев, Г. Н. Барсукова, Н. Р. Сайфетдинова, Д. К. Деревенец // АПК: экономика, управление. 2016. № 11. С. 30-39.
6. Ковтун В. И., Ковтун Л. Н. Технология выращивания высококачественного зерна озимой пшеницы на Юге России // Земледелие. 2013. № 3. С. 1-3.
7. Максютон Н. А., Зоров А. А. Влияние основных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи // Известия Оренбургского государственного университета. 2016. № 5(61). С. 8-10.
8. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ВНИАЛМИ. 2017. 333 с.
9. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management / J. Elliott, M. Glotter, A. C. Ruane, K. J. Boote, I. Foster // Agricultural Systems. 2018. V. 159. P. 275-281.
10. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavourable weather conditions / N. Urruty, H. Guyomard, D. Tailliez-Lefebvre, C. Huyghe // Field Crops Research. 2017. V. 213. P. 29-37.

Conclusions. The productivity of grain and vegetable crops in the Volgograd region has increased significantly and in the present is 10 or more kg of grain for each mm of precipitation, while in the past it was 4-6 and 7-8 kg per 1 mm. Precipitation, which enables stable production of 4.0-5.0 million tons of grain, more than 1.0 million tons of vegetables and sunflower, which indicates technological progress in the industry and the region. A large statistical sample for 63 years at the latitude of Volgograd shows that weather conditions by precipitation, temperature regime, indications of GTC vary very much and in absolute values cannot provide high and stable productivity of crops, which varies greatly in proportion to humidification conditions. The dependence of the region's cereal harvest on weather remains substantial to 1/3 of the gross fees of "technical crops."

Reference

1. Agropromyshlennyy kompleks Volgogradskoy oblasti: sovremennyye trendy, gosudarstvennoye regulirovaniye, potencial i perspektivy rosta / I. V. Mitrofanova, L. V. Ob'edkova, T. V. Opejkina, O. V. Prokopova // Jekonomika: vchera, segodnya, zavtra. 2017. Vol. 7. № 2В. P. 299-313.

2. Belyakov A. M. Pogoda i urozhaj za 60 let (statistika pogody i urozhayev po Volgogradskoj oblasti za 63 goda). Volgograd.: "Print", 2019. 87 p.
3. Bischokov R. M., Suhanova S. F., Gvaramiya A. A. Sovremennaya tehnologiya prognozirovaniya urozhajnosti polevyh kul'tur // Vestnik Kurganskoy GSXA. 2015. № 3(15). P. 52-58.
4. Buntova E. V. Sposoby analiza rezul'tatov nablyudenij metodami matematicheskoy statistiki // Innovacii v nauke: nauchnyj zhurnal. 2017. № 1(62). P. 42-49.
5. Innovacionnyj i jekologicheskij aspekty perehoda k adaptivno-ladshaftnoj sisteme zemledeliya / V. I. Nechaev, G. N. Barsukova, N. R. Sajfetdinova, D. K. Derevenec // APK: jekonomika, upravlenie. 2016. № 11. P. 30-39.
6. Kovtun V. I., Kovtun L. N. Tehnologiya vyraschivaniya vysokokachestvennogo zerna ozimoj pshenicy na Yuge Rossii // Zemledelie. 2013. № 3. P. 1-3.
7. Maksyutov N. A., Zorov A. A. Vliyanie osnovnyh faktorov na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur v usloviyah zasuhi // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 5(61). P. 8-10.
8. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. Volgograd: VNIALMI. 2017. 333 p.
9. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management / J. Elliott, M. Glotter, A. C. Ruane, K. J. Boote, I. Foster // Agricultural Systems. 2018. V. 159. P. 275-281.
10. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavourable weather conditions / N. Urruty, H. Guyomard, D. Tailliez-Lefebvre, C. Huyghe // Field Crops Research. 2017. V. 213. P. 29-37.

Authors Information

Belyakov Aleksandr Mikhaylovich, chief research scientist, laboratory of research of agroforest landscapes and adaptive systems of farming, FSC of Agroecology RAS (400062, Volgograd, Prospekt Universitetsky, 97), doctor of agricultural sciences, professor, e-mail: dokbam49@mail.ru

Nazarova Marina Vladimirovna, junior researcher, laboratory of research of agroforest landscapes and adaptive systems of farming, FSC of Agroecology RAS (400062, Volgograd, Prospekt Universitetsky, 97), e-mail: mn1967@list.ru

Информация об авторах

Беляков Александр Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории исследования агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: dokbam49@mail.ru

Назарова Марина Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории исследования агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), e-mail: mn1967@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-07

CHAMAECYTISUS BORYSTHENICUS BIOGEOCOENOTIC ROLE ON THE LOWER VOLGA REGION SANDS

V.P. Voronina, M.V. Subnova, A.V. Vdovenko

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 17.05.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

Chamaecytisus borysthenicus phytocoenotic, bioecological and productive features indicate a high adaptive potential, its participation increases the bio-productivity and stability of phytocoenoses, and it is prospective for sandy pastures phytomelioration.

Abstract

Introduction. Shrub communities are formed on arid landscapes, they are most adapted to extreme environmental conditions: lack of moisture, high temperatures, and soil and subsoil mobility. The research on the *Chamaecytisus borysthenicus* (Gruner) Klasreva bioecology and its biogeocenotic role allow to identi-

fy mechanisms of phytocoenotic compatibility and stability of species growing on sands. The relevance of research is determined by the lack of knowledge on shrub communities and the need to restore degraded vegetation cover on sandy soils, as well as the rational use of unique phytocoenoses. **Object.** Plant communities on sandy lands, where the *Dnieper broom* *C. borysthenicus* dominates was the observation object. **Materials and methods.** The observations were carried out on natural pastures in the arid zone of the Russian Federation (the isolated terrain feature «Bald Mountain» - 48°46' north latitude, 44°40' east longitude), where the little-studied shrub *C. borysthenicus* grows as part of psammophytic vegetation. Geobotanical survey, productivity, species composition, morphometric features were studied according to N.T. Nechaeva, 1970, V.I. Petrov, V.P. Voronina, 2006. **Results and conclusions.** The analysis of *C. borysthenicus* ranges in the Volgograd region (1927-2019) showed that it was confined to sandy soils with native vegetation and forest crops of *Pinus sylvestris*. The Archedino-Don and Privolzhsky sand massifs (300 thousand ha) are formed by poor alluvial sands, where plant communities are formed with the participation of psammophyte plants and sand-fortifiers *C. borysthenicus*, *Artemisia marschalliana*. The analysis of *C. borysthenicus* biogeocoenosis showed that a powerful phytogenic effect is manifested in the sub-crown space, contributing to the accumulation of additional moisture, plant litter and favorably affects the renewal and growth of more mesophytic species from the *Poaceae* family. *C. Borysthenicus* forms vegetative shoots from dormant buds in the basal part when blown or covered with sand, and protective clay-sand screens are formed on thin roots. Deep root systems (up to 150-170 cm) are located in various soil horizons, developing 960 thousand cm³/individual of sandy soil, which is 16 times higher than the over-ground volume. The young branches morphometric surface and generative organs has a well-defined dense whitish-silver pubescence, which has a high reflectivity that protects the plant from overheating. In the structure of vegetation cover, 57 species were identified from 17 families, where 19 species are found with a probability of 70-100%. A fairly high level of productivity (320-350 g / m²) and biodiversity is due to the phytocoenotic structure, where 52.6% are perennials, 35.2% are annuals, 7.0% are semi - shrubs, and 2.0% are shrubs. Dominant by weight shrubs and semi-shrubs: *Chamaecytisus borysthenicus*, *Artemisia marschalliana*, *Artemisia lerchiana*, as well as perennial and annual cereals, *Helichrysum arenarium* make up 30-50%. Forage accounts for about 55%, medicinal - 8%, ruderal-23%, poisonous -12%, and others - 2%.

Key words: *Chamaecytisus borysthenicus*, biogeocoenosis, sandy lands, pasture ecosystems, species diversity.

Citation. Voronina V.P., Subnova M.V., Vdovenko A.V. *Chamaecytisus borysthenicus* biogeocoenotic role on the Lower Volga region sands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 79-91 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-07.

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

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

УДК 630.181.351: 574.45:574.42

БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКАЯ РОЛЬ *ШАМАЕЦИТИСУС БОРИСТЕНИКУС* НА ПЕСКАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

В. П. Воронина, доктор сельскохозяйственных наук

М. В. Шубнова, аспирант

А. В. Вдовенко, кандидат сельскохозяйственных наук

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.05.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Аннотация. фитоценоотические, биоэкологические и продукционные особенности *Chamaecytisus borysthenicus* указывают на высокий адаптационный потенциал, его участие повышает биопродуктивность и устойчивость фитоценозов, является перспективным для фитомерии песчаных пастбищ.

Актуальность. На аридных ландшафтах формируются кустарниковые сообщества, которые наиболее приспособлены к экстремальным экологическим условиям: недостатку влаги, высоким температурам, подвижности почвогрунта. Изучение биоэкологии *Chamaecytisus borysthenticus* (Gruner) Klasreva. его биогеоценотическая роль позволяет выявить механизмы фитоценотической совместимости и устойчивости видов, произрастающих на песках. Актуальность исследований определяется недостаточной изученностью кустарниковых сообществ и необходимостью восстановления деградированного растительного покрова на песчаных почвах, а также рациональным природопользованием уникальных фитоценозов. **Объект.** Объектом наблюдений являлись растительные сообщества на песчаных землях, где доминирует раkitник днепровский *C. borysthenticus*. **Материалы и методы.** Наблюдения проводились на природных пастбищах в аридном поясе РФ (урочище Лысая гора - 48°64' с.ш., 44°40' в.д.), где в составе псаммофитной растительности произрастает малоизученный кустарник *C. borysthenticus*. Геоботаническое обследование, продуктивность, видовой состав, морфометрические особенности изучались согласно Н. Т. Нечаевой, 1970, В. И. Петрову, В. П. Ворониной, 2006. **Результаты и выводы.** Анализ ареалов *C. borysthenticus* в Волгоградской области (1927-2019 гг.) показал приуроченность к песчаным почвам с аборигенной растительностью и лесным культурам *Pinus sylvestris*. Арчедино-Донские и Приволжские песчаные массивы (300 тыс. га) образованы бедными аллювиальными песками, где формируются растительные сообщества с участием растений псаммофитов и пескозакрепителей *C. borysthenticus*, *Artemisia marschalliana*. Анализ биоэкологии *C. borysthenticus* показал, что мощное фитогенное влияние проявляется в подкроновом пространстве, способствуя накоплению дополнительной влаги, растительного опада и благоприятно влияет на возобновление и рост более мезофитных видов из семейства *Poaceae*. *C. Borysthenticus* при выдувании или засыпании песком из спящих почек образует вегетативные побеги в базальной части, а на тонких корнях образуются защитные глинисто-песчаные экраны. Глубокие корневые системы (до 150-170 см) располагаются в различных горизонтах почвы, осваивая 960 тыс. см³/особь песчаной почвы, что в 16 раз превосходит надземный объем. Морфометрическая поверхность молодых ветвей, генеративных органов обладает хорошо выраженным густым беловато-серебристым опушением, имеющим высокую отражательную способность, предохраняющую растение от перегрева. В структуре растительного покрова выявлено 57 видов из 17 семейств, где с вероятностью 70-100 % встречается 19 видов. Достаточно высокий уровень продуктивности (320-350 г/м²) и биоразнообразия обусловлен фитоценотической структурой, где 52,6 % - многолетники, 35,2 % – однолетники, 7,0 % – полукустарники, 2,0 % – кустарники. Доминирующие по массе кустарники и полукустарники: *Chamaecytisus borysthenticus*, *Artemisia marschalliana*, *Artemisia lerchiana*, а также многолетние и однолетние злаки, *Helichrysum arenarium* составляют 30-50 %. На долю кормовых приходится около 55 %, лекарственных – 8 %, рудеральных – 23 %, ядовитых – 12 %, других – 2 %.

Ключевые слова: *Chamaecytisus borysthenticus*, биогеоценозы, песчаные земли, пастбищные экосистемы, аборигенная растительность.

Цитирование. Воронина В. П., Шубнова М. В., Вдовенко А. В. Биогеоценотическая роль *Chamaecytisus borysthenticus* на песках Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 79-91. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-07.

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. Биогеоценотическая роль псаммофитных кустарников для песчаных арен Нижнего Поволжья до сих пор остается малоизученным вопросом. Наиболее фундаментальные исследования фитогенного влияния на формирование пустынных ландшафтов проведены на песках Центральной Азии (в границах СНГ) коллективом научных сотрудников Репетекской биосферной станции под руководством академика Н.Т. Нечаевой, 1974, 1979. Устойчивость пустынных фитоценозов они объясняют формированием особых эко-

логических ниш корневыми системами, которые дифференцированно осваивают почвенные горизонты, а также наличия различных ботанических групп растений, отличающихся по времени вегетации. Теоретические основы концепции расхождения видов по разным экологическим нишам успешно использовал З. Ш. Шамсутдинов [5, 10] при формировании многовидовых многоярусных пастбищных агроэкосистем, в том числе для восстановления утраченного биоразнообразия песчаных пустынь Центральной Азии.

Одним из условий восстановления утраченного равновесия засушливых пастбищ может быть не только запрет на выпас животных, но и лесомелиоративное обустройство территории [6-9, 12]. Создание лесопастбищных экосистем позволяет создать своеобразные оазисы, где под влиянием древесно-кустарниковых насаждений формируется благоприятная микроклиматическая абиотическая среда, стабилизируется пескоперенос, существенно возрастают биоразнообразие и продуктивность кормовой фитомассы, успешно произрастают лекарственные виды.

Алексеев Ю. Е. и др. (1997) при анализе популяций раkitников, произрастающих в России в сходных почвенно-климатических условиях, пришли к выводу, что Р. днепровский – *H. borysthenicus*, Р. Цингера – Р. Кавказский *Ch. zingeri*, *Ch. Caucasicus* являются биоморфами раkitника русского *Chamaecytisus ruthenicus*. Однако эти выводы требуют более детальной проработки, так как мезоландшафтная и эдафическая приуроченность этих раkitников различна, а морфометрические особенности детально не изучались. К сожалению, научное сообщество России работы в данном направлении не проводит. Систематическая принадлежность, ревизия видов *Chamaecytisus*, произрастающих в Европейской части, сейчас активно проводится зарубежными учеными [13], чтобы в дальнейшем избежать необоснованной путаницы при изучении биоэкологии раkitников, в том числе в структуре растительного покрова. Оценка биоразнообразия песчаных массивов Придонских песков (Усть-Кундрюченский песчаный массив, Казанско-Вешенские пески) показала [3], что на средне- и слабозаросших бугристых песках произрастает 18-29 видов из 11 семейств. Способность раkitников произрастать на бедных почвах доказана анатомическими исследованиями на примере *Chamaecytisus podolicus* [15], который образует корневые клубеньки, фиксирующие азотистые соединения.

Научно-практический интерес к изучению биоэкологического потенциала раkitника днепровского (*Chamaecytisus borysthenicus* (Gruner) Klasreva) обусловлен псаммофитными и ксероморфными свойствами, способностью произрастать на малопродуктивных песчаных почвах, малоизученностью вида.

Целью наших исследований являлось выявление адаптационного потенциала *Chamaecytisus borysthenicus* в растительных сообществах на песчаных пастбищах Нижнего Поволжья, а также изучение биогеоценотической роли в аридных ландшафтах.

Материалы и методы. Объектом наблюдений являлись растительные сообщества, где доминирует раkitник днепровский (*Chamaecytisus borysthenicus* (Gruner) Klasreva). При проведении геоботанических обследований, определении продуктивности фитоценозов и структуры фитомассы использовался комплексный подход, разработанный для аридных условий В. И. Петровым, В. П. Ворониной (2006, 2007), позволяющий установить особенности заполнения структуры аэротопа и выявить устойчивость сообщества к абиотическим факторам. Фитоценотическая продуктивность оценивалась на момент максимального развития травостоя, определялась воздушно-сухая фитомасса с 1 м², в том числе отдельных видов, образующих фитоценоз. Сезонное развитие раkitника изучалось по Н. Т. Нечаевой (1970). Определение видов проводилось по Ю. Е. Алексееву (1997), С. К. Черепанову (1995), Депозитарию живых систем МГУ.

Результаты и обсуждение. Анализ мест сбора гербарных образцов показал, что *Chamaecytisus borysthenticus* на территории Волгоградской обл. встречался: против Калача песчаный склон правого коренного берега р. Дон (Н. Иванов, С. Наумов, 27.07.1927), на валу с целинной растительностью в 3 км от с. Алексеевка (С. Ф. Курнаев, 04.06.1930), в Камышинском лесопитомнике, склон оврага, покрытый кустарником (Н. Воронина, 19.08.1949), на Тингутинской лесной даче, Восточные Ергени (Н. М. Земцова, 12.05.1949), Камышинский р-н, опушка сосновых лесных культур у с. Чухонастовка (М. Дворановский, 26.05.1949; Пледов, 07.05.1950), на Камышинском опорном пункте ВНИАЛМИ, 7 квартал (А. Борадкова, 17.05.1950), в Тингутинском лесхозе, песчаная степь (Пледов, 03.06.1950), в Арчединском лесхозе, Ур. Солонцы у сосновой кулисы (К. Богданова, 23.05.1950), на Донских песках (подножье меловых склонов) х. Хлебный (П. Смирнов, В. Левин, В. Павлов, К. Киселева, Г. Крапивина, 13.06.1950), в Даниловском молмаслосовхозе (А. Я. Бронаов 26.07.1955), в Арчединском лесхозе, песчаная степь около р. Арчеда (И. С. Халилиева, И. С. Калиева, 30.05.1960), Фроловский р-н. Арчединский лесхоз, песчаный бугор урочища Березняки (Михайлова, Володина, 12.06.1961), около Сарепты (Ю. Алексеев 1966), Городищенский р-н, с. Юрзовка, степные склоны балки (Ю. Алексеев 17.05.1982), Иловлинский р-н, около х. Ерецкий, пески в междуречье р. Иловля и р. Дон (С. Полева, А. Кожевникова, 05.05.1998).

Современное геоботаническое обследование песчаных земель в Волгоградской области авторами проводилось выборочно. Жизнеспособные популяции раkitника днепровского были выявлены: в Камышинском районе, с. Антиповка (49°80' с.ш., 45°31' в.д.), в Серафимовическом районе, х. Отрожки (49°57' с.ш., 42°86' в.д.), в пригородной зоне г. Волгограда на 3-й надпойменной террасе р. Волга, урочище Лысая гора (48°64' с.ш., 44°40' в.д.).

Также известно, что *Chamaecytisus borysthenticus* включен в Красную книгу Воронежской обл., входит в Электронный каталог сосудистых растений Азиатской России и Энциклопедию растений Сибири.

Рост и развитие раkitника, также как и других псаммофитных видов, лимитируются неблагоприятными абиотическими факторами, которые характерны для песчаных пустынь. Недостаток атмосферных осадков, высокие летние температуры воздуха и почвы, чрезвычайная подвижность песчаных почв резко снижают биоразнообразие растительных сообществ, произрастающих на песчаных почвах.

Песчаные почвы Волгоградской области образованы аллювиальными песками, которые приурочены к крупной гидрографической сети р. Волга и р. Дон – это Арчедино-Донские пески (площадь 200 тыс. га), Приволжские пески, расположенные на правом и левом берегу р. Волга в Волгоградской и Саратовской областях (площадь более 100 тыс. га). Они отличаются высоким содержанием кремнезема (до 90,7 %), промытостью почвенного профиля водными потоками, что в целом приводит к экстремальным лесо- и фиторастительным условиям и крайне скудной растительности. Поэтому здесь особую роль играют растения псаммофиты и пескозакрепители, такие как *Chamaecytisus borysthenticus*, *Artemisia tschernieviana* Bess., *Salix daphnoides* Vill., имеющие специфические адаптационные механизмы: способность образовывать на корнях поросль, а при засыпании стебля образовывать придаточные корни, что в целом существенно повышает устойчивость популяции.

Изучая онтогенетические особенности *Chamaecytisus borysthenticus*, были выявлены наиболее важные механизмы адаптации к песчаным малопродуктивным почвам. Прежде всего, заслуживает пристального внимания образование мощного фитогенного влияния подкронового пространства (рисунок 1).



Рисунок 1 – Фитогенное влияние кроны *Chamaecytisus borysthensis*

Figure 1 – Phytogenic influence of *Chamaecytisus borysthensis* crown

Оно особенно ярко проявляется в теплый период, когда начинается активная вегетация растений. В кроне куста раkitника успешно развиваются многолетние виды семейства *Poaceae*: *Agropyron pectiniforme* Roem. Et Schult., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. Взаимовыгодное сотрудничество обеспечивается несколькими факторами. Благодаря концентрации снежного покрова в скелетных ветвях раkitника образуется «снежный бугор», который в яркие солнечные дни проседает и подтаивает, то есть формируется особый промывной режим в подкроновом пространстве, накапливается дополнительная влага, которая обеспечивает произрастание более мезофитных видов. Поселившиеся в кроне раkitника злаки имеют (приземный) низовой тип заполнения аэро-топа [4], что позволяет большому количеству растительного опада задерживаться под кроной. Учитывая, что в летний и зимний периоды часто бывают сильные дефляционные ветра, а пескоперенос может достигать значительных показателей, накопленный растительный опад перемешивается с песком и обогащает питательными элементами верхние 0-20 (40) см слоя песчаных почв.

Подвижность песков создает своеобразные условия, проявляющиеся в том, что растение постоянно находится под угрозой выдувания или засыпания. Раскопки засыпанных скелетных ветвей раkitника показали, что в базальной части растения при погребении песком начинают активизироваться спящие почки (рисунок 2). Наиболее активное побегообразование происходит в осенне-зимний период при достаточном количестве влаги в верхних горизонтах песка. Если же оголяются корневые системы раkitника, то они начинают покрываться дополнительными защитными слоями (в виде коры), спасающими растение от засекания песком и перегрева. На таких корнях при повторном засыпании песком могут образовываться новые особи порослевого происхождения.

Для растений, произрастающих на аллювиальных песках, важно рационально использовать атмосферные осадки. Улавливание влаги корнями раkitника осуществляется с различных горизонтов. Так, в слое 60-70 см в основном сосредоточены боковые корни, имеющие горизонтальную направленность, использующие поверхностные осад-

ки, а в слое 110-120 (150) см сосредоточен второй основной слой боковых корней, имеющих вертикальную направленность. Общая протяженность корневой системы достигает 800-1500 см. Для обеспечения одного растения влагой осваивается около 960 тыс. см³ песчаной почвы, что в 16 раз больше надземного объема. При этом соотношение длины надземной части к длине корневой системы составляет 1 : 2,5 – 1 : 3,8. При раскопке корневых систем выявлено, что тонкие всасывающие корни покрыты своеобразным песчано-глинистым чехлом (рисунок 2), что создает особую микросреду для притягивания влаги (эффект гидрогеля) и предохранения их от иссушения и перегрева.



Рисунок 2 – Биоэкологические особенности формирования наземно-подземной части *Chamaecytisus borysthenticus*: а) развитие молодых побегов в погребенных ветвях; б) фрагмент корневой системы с песчано-глинистыми чехлами

Figure 2 – Bioecological features of the *Chamaecytisus borysthenticus* top-bottom part formation: а) the development of young shoots in buried branches; б) a fragment of the root system with sand-clay covers

В природных сообществах *Chamaecytisus borysthenticus* выдерживает экстремально высокие температуры благодаря опушению надземной части (рисунок 3) растения. Молодые побеги имеют беловато-серебристое опушение, которое достаточно плотно прилегает к ветвям. На распускающихся тройчатых листьях, черешках также имеется опушение с серебристыми прижатыми волосками, которые по мере роста листочков ред-

ют на верхней стороне. Для молодых бобов характерно рыжевато-серебристое опушение, которое у зрелых плодов становится густым, достаточно плотно прижатым, имеет серебристый цвет. Зеленовато-беловатый цвет надземной части растения в сочетании с густым серебристым опушением позволяет избежать перегрева, так как имеет высокую отражательную способность, приводит к меньшим непродуктивным потерям влаги, что дает несомненные преимущества *Chamaecytisus borysthenticus* на песчаных почвах.



Рисунок 3 – Морфометрическая поверхность надземной части *Chamaecytisus borysthenticus*

Figure 3 – Morphometric surface of the *Chamaecytisus borysthenticus* overground part

Проращивание семян, плодов в условиях дефляции песков затруднено из-за большого слоя песка, или они оказываются на сухой поверхности почвы. Микроэдафическая благоприятная среда формируется в кроне раkitника и его подкроновом пространстве, что обеспечивает хорошую всхожесть семян и сохранность молодых растений. Поэтому в фитоценозах с участием раkitника другие виды в основном селятся небольшими микрогруппировками, образуя приземный тип аэроtopa, характерный для жестких абиотических условий [4].

Проведенные наблюдения за растительным покровом в урочище Лысая гора (48° 64' с.ш., 44° 40' в.д.; 48° 64' с.ш., 44° 38' в.д.) показали, что на песчаных почвах наиболее часто встречаются разнотравно-полынные, злаково-разнотравные, разнотравные, полынно-злаково-раkitниковые, вейниково-чабрецовые ассоциации.

Устойчивые и продуктивные фитоценозы (320-350 г/м²) образованы при участии кустарников и полукустарников (*Chamaecytisus borysthenticus*, *Artemisia marschalliana*), которые приурочены к межбугровым понижениям, язвам дефляции в межбугровых понижениях, восточным и западным склонам бугров. В составе растительности произрастает 57 видов из 17 семейств, на долю *Poaceae* приходится 26,1 %, *Asteraceae* – 21,0 %, *Fabaceae* – 10,5 %, *Brassicaceae* – 8,7 %, *Chenopodiaceae* – 7,0 %, *Boraginaceae* – 5,2 %, *Lamiaceae* – 3,5 % (рисунок 4). Основными массообразующими видами являются: *Chamaecytisus borysthenticus*, *Artemisia marschalliana*, *Agropyron fragile*, *Secale sylvestre*, *Kochia densiflora*, *Astragalus longipetalus*, *Anisantha tectorum*, *Helichrysum arenarium*, *Festuca rupicola*, *Ranunculus arvensis*.

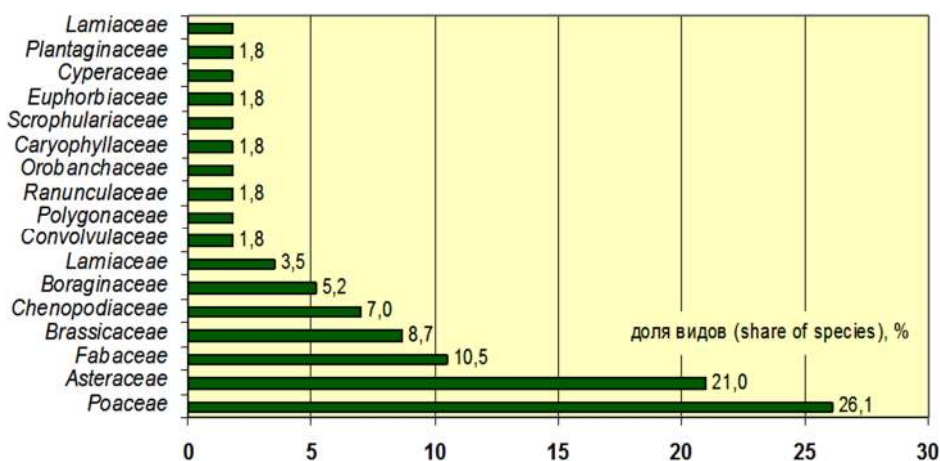


Рисунок 4 – Структура растительного покрова, %

Figure 4 – The structure of the vegetation cover, %

У растений, произрастающих на песчаных почвах, выработались своеобразные механизмы адаптации к водно-тепловому режиму, подвижности субстрата. Поэтому наиболее характерными жизненными формами для песчаных пустынь (М. П. Петров, 1950) являются: кустарники, полукустарники, многолетники с длительным периодом вегетации, многолетники-эфемероиды, однолетники, однолетники-эфемеры. Проведя анализ биоразнообразия в наиболее часто выявляемых ассоциациях (таблица 1), где доминантом или субдоминантом является *Chamaecytisus borysthenticus*, установили, что с вероятностью 70-100 % встречается 19 видов, в 45-70 % случаях – 25 видов, менее 20 % (единично) – 13 видов.

В урочище «Лысая гора» в структуре фитоценозов доминируют многолетники (52,6 %) и однолетники (35,2 %). На долю полукустарников приходится около 7 %, кустарников – 2,0 %. Среди наиболее часто встречаемых видов выявлено 52,6 % многолетников, 31,6 % однолетников, 15,9 % составляют кустарники и полукустарники. Для поддержания достаточно высокого уровня биоразнообразия фитоценозов и продуктивности на дефлированных песчаных почвах доля доминирующих по массе видов должна составлять не менее 30-50 %. Чаще всего это кустарники и полукустарники: *Chamaecytisus borysthenticus*, *Artemisia marschalliana*, *Artemisia lerchiana*, а также многолетние и однолетние злаки, *Helichrysum arenarium*. В ассоциациях с участием рабитника его доля составляет 31,5-41,4 %, полыни Черняева – 39,5 %, полыни Лерха – 47,3 %, злаков – 25,0-34,8 %, цмина песчаного – 48,9 %.

Среди выявленных видов на долю кормовых приходится около 55 %, лекарственных – 8 %, рудеральных – 23 %, ядовитых – 12 %, других – 2 %.

Таблица 1 – Частота встречаемости видов в растительных ассоциациях с *Chamaecytisus borysthenticus* на песчаных почвах Волгоградской области, урочище «Лысая гора»

Table 1 – Species occurrence frequency in plant associations with *Chamaecytisus borysthenticus* on sandy soils of the Volgograd region, isolated terrain feature «Bald Mountain»

Частота встречаемости видов, % / Species occurrence frequency, %	Латинское название вида дано по С.К. Черепанову, 1995 / The species Latin name given by S.K. Cherepanov, 1995	Количество видов, шт. / Number of species, PCs.
<20	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop., <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall., <i>Bromus secalinus</i> L., <i>Senecio vulgaris</i> L., <i>Pulmonaria officinalis</i> L., (<i>Erigeron canadensis</i> L.) = <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq., (<i>Echinops ritro</i> auct.) = <i>E. ruthenicus</i> Bieb., <i>Sonchus arvensis</i> L., <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik., <i>Plantago lanceolata</i> L., <i>Artemisia pauciflora</i> Web., <i>Glycyrrhiza glabra</i> L., <i>Kochia prostrata</i> (L.)	13
20-45	(<i>Astragalus longiflorus</i> Pall.) = <i>A. longipetalus</i> Chater, <i>Astragalus onobrychis</i> L. = (<i>A. hybridus</i> S.G. Gmel.), <i>Convolvulus arvensis</i> L., <i>Teucrium chamaedrys</i> L., (<i>Delphinium consolida</i> L.) = <i>Consolida regalis</i> S.F. Gray, (<i>Agropyron pectiniforme</i> Roem. Et Schult.) = <i>A. pectinatum</i> (Bieb.) Beauv., <i>Berteroa incana</i> (L.) DC., <i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) O. Kuntze, (<i>Elymus giganteus</i> Vahl) = <i>Leymus racemosus</i> (Lam.) Tzvel., <i>Kochia densiflora</i> (Moq.) Aell., <i>Kochia laniflora</i> (S.G. Gmel.) Borb., <i>Lappula spinocarpos</i> (Forssk.) Aschers., <i>Poa bulbosa</i> L., <i>Carex arenaria</i> L., (<i>Agropyron repens</i> (L.) P. Beauv.) = <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	17
45-70	<i>Polygonum aviculare</i> L., <i>Orobanche</i> , <i>Stellaria holostea</i> L., <i>Lepidium perfoliatum</i> L., <i>Senecio jacobaea</i> L., <i>Linaria vulgaris</i> L., <i>Medicago varia</i> T. Martyn – <i>M. falcata</i> L. x <i>M. sativa</i> L., <i>Artemisia lerchiana</i> Web., <i>Thymus serpyllum</i> L.	8
70-85	<i>Stipa lessingiana</i> Trin., (<i>Festuca sulcata</i> (Hack.) Nym. p.p.) = <i>F. rupicola</i> Heuff., (<i>Artemisia monogyna</i> Waldst.) = <i>A. santonica</i> L., (<i>Artemisia tschernieviana</i> Bess.) = <i>A. marschalliana</i> Spreng., <i>Chamaecytisus borysthenticus</i> , <i>Secale sylvestre</i> Host., <i>Achillea leptophylla</i> Bieb	9
85-100	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth, <i>Psathyrostachys juncea</i> (Fisch.) Nevski, <i>Acroptilon repens</i> (L.) DC., <i>Sisymbrium altissimum</i> L., (<i>Agropyron sibiricum</i> (Willd.) Beauv.) = <i>A. fragile</i> (Roth) P. Candargy, (<i>Bromus tectorum</i> L.) = <i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski, (<i>Lappula echinata</i> Gilib.) = <i>L. squarrosa</i> (Retz.) Dumort, <i>Euphorbia virgata</i> Waldst., <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench, <i>Hordeum spontaneum</i> C. Koch	10
Сумма видов / Sum of Species		57

Выводы. Выявленные биоэкологические и продукционные особенности *Chamaecytisus borysthenticus* доказывают высокие адаптационные возможности вида на песчаных почвах. Биогеоценотическая роль кустарниковых сообществ обусловлена структурой фитоценозов из пионерных группировок, в том числе из ракитника, создающего микроклиматические и эдафические условия произрастания видов, не приспособленных к подвижности почвогрунта и бедности почв. Комплексный анализ фитоценозов с *C. borysthenticus* показал его перспективность для фитомелиорации песчаных земель, так как улучшается экологическая обстановка, повышается продуктивность и видовое разнообразие.

Библиографический список

1. Алахвердиев Ф. Д., Абумуслимова А. А. Состояние и современная динамика песчаных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия. Грозный: АН Чеченской Республики, 2012. 242 с.
2. Васюков В. М., Татанов И. В. Новые комбинации в родах *Campanula* L. и *Chamaecytisus* Link (Fabaceae) // Turczaninowia. 2016. Т. 19. № 2. С. 67-69.
3. Власенко М. В., Кулик А. К. Современное состояние степной растительности Придонских песчаных массивов // Аграрная Россия. 2017. № 9. С. 22-29.
4. Воронина В. П., Шубнова М. В. Продуктивность и биоразнообразие кустарниковых пастбищ с участием *Chamaecytisus borysthenicus* в аридных агроландшафтах // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 90-99.
5. О концепции экологической ниши и её роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем / З. Ш. Шамсутдинов, В. М. Косолапов, Э. З. Шамсутдинова, М. В. Благоразумова, Н. З. Шамсутдинов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 270-281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.
6. Пенькова И. Н., Пермькова О. В. Пастбищные экосистемы Нижнего Поволжья. Волгоград: ВолГАУ, 2014. 176 с.
7. Радочинская Л. П. Сохранение видового и популяционного биоразнообразия на лесопастбищах Черных Земель как фактор экологической стабильности в регионе // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. №4 (68). С. 161-167.
8. Рыбашлыкova Л. П. Лекарственные растения в восстановленном растительном покрове очагов дефляции на пастбищах Северо-Западного Прикаспия // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2018. Т. 21. № 10. С. 98-103.
9. Турко С. Ю., Вдовенко А. В., Сивцева С. Н. Устойчивость и долговечность кормовых фитоценозов деградированных пастбищ // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 2 (98). С. 176-186.
10. Шамсутдинов З. Ш. Концепция экотипа и селекции засухо-и солеустойчивых сортов кормовых кустарников и полукустарников для экологической реставрации опустыненных пастбищных земель // Защитное лесоразведение в Российской Федерации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. С. 268-272.
11. Assessment of vulnerability of natural grasslands that are used as pastures Russias example / I. P. Aidarov, A. A. Zavalin, Yu. N. Nikolsky, C. Landeros-Sanchez, V. V. Pchelkin, S. Montero-Aguirre // Journal of Agricultural Science. 2019. V. 11. № 2. P. 40-50.
12. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing / A. F. Tumanyan, N. I. Khairova, V. V. Vvedenskiy, N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. V. 10. № 12. P. 3198-3200.
13. Pifkó D., Shevera M. Proposal to conserve *Cytisus podolicus* (*Chamaecytisus podolicus*) against *Cytisus bucovinensis*, and *Cytisus blockianus* (*Chamaecytisus blockianus*) against *Cytisus kernerii* and *C. marilauni* (*Leguminosae*) // Taxon. 2013. V. 62. № 1. P. 181-183. DOI: 10.1002/tax.621022.
14. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Productions potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. № 1. P. 51-58.
15. Root nodule structure in *Chamaecytisus podolicus* / M. Skawińska, B. Łotocka, T. Ruszkowski, E. Znojek, P. Banaszczyk // Acta Agrobotanica. 2017. V. 70. № 2. P. 1716. DOI:10.5586/aa.1716.

Conclusions. The revealed *Chamaecytisus borysthenicus* bioecological and production features prove the species high adaptive capabilities on sandy soils. The shrub communities' biogeocoenotic role is determined by the structure of phytocoenoses from pioneer groups, including from broom, creating microclimatic and edaphic conditions for the species growth that are not adapted to soil and subsoil mobility and soil poverty. A comprehensive analysis of phytocoenoses with *C. borysthenicus* showed that it is prospective for sandy lands phytomelioration of, as the ecological situation improves, productivity and species diversity increase.

Reference

1. Alakhverdiev F. D., Abumuslimova A. A. State and modern dynamics of sandy landscapes in the North-Western Caspian Sea. Grozny: AN of the Chechen Republic, 2012. 242 p.
2. Vasyukov V. M., Tatanov I. V. New combinations in the genera *Campanula* L. and *Chamaecytisus* Link (Fabaceae) // Turczaninowia. 2016. Vol. 19. No. 2. P. 67-69.
3. Vlasenko M. V., Kulik A. K. Pridon sand massifs steppe vegetation modern state // Agrarian Russia. 2017. № 9. P. 22-29.
4. Voronina V. P., Shubnova M. V. Productivity and biodiversity of shrub pastures with the participation of *Chamaecytisus borysthenicus* in arid agricultural landscapes // Proceedings of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher vocational education. 2018. № 3(51). P. 90-99.
5. On the concept of ecological niche and its role in the practice of designing adaptive arid pasture agroecosystems / Z. Sh. Shamsutdinov, V. M. Kosolapov, E. Z. Shamsutdinova, M. V. Blagorazumova, N. Z. Shamsutdinov // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. № 2. P. 270-281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.
6. Penkova I. N., Permyakova O. V. Pasture ecosystems of the Nizhneje Povolzhje region. Volgograd: VolGAU, 2014. 176 p.
7. Radochinskaya L. P. Conservation of species and population biodiversity in the forest-pastures of Black Lands as the factor of ecological stability in the region // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. 2017. № 4 (68). P. 161-167.
8. Rybashlykova L. P. Medicinal plants in the restored vegetation cover of deflation foci on pastures of the North-Western Caspian Sea // Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2018. Vol. 21. № 10. P. 98-103.
9. Turko S. Yu., Vdovenko A. V., Sivtseva S. N. Stability and durability of degraded pastures forage phytocoenoses // Bulletin of meat cattle breeding. 2017. № 2 (98). P. 176-186.
10. Shamsutdinov Z. Sh. Ecotype concept and of forage shrubs and semi-shrubs drought-and salt-resistant varieties selection for ecological restoration of desertified pasture lands // Protective afforestation in the Russian Federation. Volgograd: VNIALMI, 2011. P. 268-272.
11. Assessment of vulnerability of natural grasslands that are used as pastures Russias example / I. P. Aidarov, A. A. Zavalin, Yu. N. Nikolsky, C. Lande-ros-Sanchez, V. V. Pchelkin, S. Montero-Aguirre // Journal of Agricultural Science. 2019. V. 11. № 2. P. 40-50.
12. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing / A. F. Tumanyan, N. I. Khairova, V. V. Vvedenskiy, N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. V. 10. № 12. P. 3198-3200.
13. Pifkó D., Shevera M. Proposal to conserve *Cytisus podolicus* (*Chamaecytisus podolicus*) against *Cytisus bucovinensis*, and *Cytisus blockianus* (*Chamaecytisus blocki-anus*) against *Cytisus kernerii* and *C. marilauni* (Leguminosae) // Taxon. 2013. V. 62. № 1. P. 181-183. DOI: 10.1002/tax.621022.
14. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Productions potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. № 1. P. 51-58.
15. Root nodule structure in *Chamaecytisus podolicus* / M. Skawińska, B. Łotocka, T. Ruszkowski, E. Znojek, P. Banaszczyk // Acta Agrobotanica. 2017. V. 70. № 2. P. 1716. DOI:10.5586/aa.1716.

Information about the authors

Voronina Valentina Pavlovna, Professor at the Department «Agroecology and landscapes afforestation amelioration» Volgograd state agrarian university (26, Universitetskiy prospect, Volgograd, Russia, 400002), Doctor of Agricultural Sciences.

E-mail: v.p.voronina@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>

Shubnova Maria Viktorovna, post-graduate student at the Department «Agroecology and landscapes afforestation amelioration» Volgograd state agrarian university (26, Universitetskiy prospect, Volgograd, Russia, 400002).

E-mail: maria.shubnova@yandex.ru

Vdovenko Anastasia Vasilevna, Head of the Department «Agroecology and landscapes afforestation amelioration» Volgograd state agrarian university (26, Universitetskiy prospect, Volgograd, Russia, 400002), Candidate of Agricultural Sciences.

E-mail: anastasiya.vdovenko@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2253-3783>

Информация об авторах

Воронина Валентина Павловна, профессор кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук.

E-mail: v.p.voronina@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>

Шубнова Мария Викторовна, аспирант кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26).

E-mail: maria.shubnowa@yandex.ru

Вдовенко Анастасия Васильевна, заведующий кафедрой «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук.

E-mail: anastasiya.vdovenko@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2253-3783>

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-08

THE NUTRITIONAL VALUE OF LEGUME - GRASSES GRASS MIXTURES ON IRRIGATED LANDS LOWER VOLGA REGION

T. N. Dronova, N. I. Burtseva

*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute
of Irrigated Agriculture», Volgograd, Russia*

Received 13.05.2020

Submitted 14.08.2020

Abstract

Introduction. In creating a solid feed base, the main role belongs to the production of the necessary volumes of feed and their quality. It is important to optimize the composition of the components of grass mixtures that provide high production and quality indicators, longevity, positive impact on soil properties and low feed cost. **Object.** The object of research is bean-bluegrass grass mixtures of various types of use. **Materials and methods.** Bookmark experiments and related field studies were conducted in accordance with the generally accepted methods of experimental work of the VIC and All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture. **Results and conclusion.** Based on the results of the analysis, the chemical composition of the plants of the studied herb mixtures was determined. The protein content depends on the composition of the components in the grass mixtures, their ratio and the number of mows. The minimum amount of protein was observed in the composition of a mixture of one bean and two bluegrass components – 10.6-14.8%. With an increase in the proportion of legumes in the mixture, the protein content increased to 12.7-13.5 and 17.3-17.7%, respectively, in the first and third mowing. Improving the nutritional regime of the soil by applying nitrogen fertilizers while optimizing the phosphorus and potassium nutrition contributed to an increase in the protein content by 15.6-38.5%. The amount of fiber, on the contrary, decreased from 26.0-29.0 to 23.8-26.5%, and the fat content increased. The total amount of amino acids in the biomass of mixtures with short, medium and long-term use was 62.3, 63.6 and 63.9 g / kg, respectively. Fertilizer application increased these figures 2.2-6.0 per cent. All mixtures studied in experiments provide optimal content of feed units, digestible protein, and exchange energy in the biomass and can be characterized as a high-value feed for all types of farm animals.

Key words: bean-bluegrass mixtures, ratio of components, chemical composition of biomass, nutritional value of feed.

Citation. Dronova T.N., Burtseva N.I. Nutritional value of bean-bluegrass grass mixtures on irrigated lands of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 91-97 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-08.

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

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

УДК 633.37:633.39:631.67(470.44/.47)

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ БОБОВО-МЯТЛИКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Т. Н. Дронова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 13.05.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Актуальность. В создании прочной кормовой базы главная роль принадлежит производству необходимых объемов качественных кормов. Важна оптимизация состава компонентов травосмесей, обеспечивающих высокие продукционные и качественные показатели, долголетие, положительное влияние на свойства почвы и низкую себестоимость корма. **Объект.** Объектом исследований являются бобово-мятликовые травосмеси различных сроков использования. **Материалы и методы.** Закладка опытов и сопутствующие полевые исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками опытного дела ВИК и ВНИИОЗ. **Результаты и выводы.** По результатам анализа определен химический состав растений изучаемых травосмесей. Содержание протеина зависит от состава компонентов в травосмесях, их соотношения и количества укосов. Минимальное количество протеина было отмечено в составе смеси из одного бобового и двух мятликовых компонентов – 10,6-14,8 %. С увеличением в смеси доли бобовых повышалось и содержание протеина до 12,7-13,5 и 17,3-17,7 %, соответственно в первом и третьем укосе. Улучшение питательного режима почвы посредством внесения азотных подкормок при оптимизации фосфорного и калийного питания способствовало повышению содержания протеина на 15,6-38,5 %. Количество клетчатки при этом, наоборот, снижалось с 26,0-29,0 до 23,8-26,5 %, а содержание жира увеличивалось. Общая сумма аминокислот в биомассе смесей с кратким, средним и долгим сроком использования составила соответственно 62,3, 63,6 и 63,9 г/кг. Внесение удобрений повышало эти показатели на 2,2-6,0 %. Все изучаемые в опытах смеси обеспечивают оптимальное содержание в биомассе кормовых единиц, переваримого протеина, обменной энергии и могут характеризоваться как высокоценный корм для всех видов сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: бобово-мятликовые травосмеси, компоненты травосмесей, химический состав биомассы травосмесей, питательная ценность кормов.

Цитирование: Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. Питательная ценность бобово-мятликовых травосмесей на орошаемых землях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 91-97. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-08.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Недостаток растительного белка в кормах сказывается на их качестве. Чтобы добиться необходимого уровня протеинового питания сельскохозяйственных животных, в хозяйствах зачастую используют расширение посевных площадей под зернофуражные и другие кормовые культуры. Но низкое содержание протеина в таких кормах ведет к их перерасходу. В связи с этим актуальны вопросы налаживания производства высококачественных кормов. Для решения этой проблемы следует уделить большее внимание использованию в кормопроизводстве травосмесей из бобовых и мятликовых культур, позволяющих получать ценные, сбалансированные по белку корма с высоким содержанием незаменимых аминокислот. Опыт отечественных и зарубежных исследователей подтверждает возможность широкого использования бобово-

мятликовых травосмесей при создании бездефицитной кормовой базы [1, 5, 11, 12]. Питательная ценность биомассы смесей многолетних трав зависит от химического состава, обусловленного видом культур, входящих в состав травосмесей, их количественными соотношениями, сроками уборки, условиями выращивания и др. [2-4, 6, 8-10].

Учитывая результаты ранее проведенных исследований, сотрудники Всероссийского НИИ орошаемого земледелия ставили перед собой цель: подобрать виды многолетних бобовых и мятликовых культур, отзывчивых на орошение, их оптимальные соотношения в составе многокомпонентных травосмесей, определить химический состав корма и его питательность.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками на опытном поле института, а химический анализ биомассы – в испытательной лаборатории почв и кормов [7]. Почва опытных участков светло-каштановая, содержание гумуса по методике Тюрина – 1,56-1,70 %, общий азот – 0,136-0,150 %, содержание фосфора – 20,2-26,7, калия – 260-290 мг/кг почвы. Плотность почвы в 0,7-метровом слое равна 1,37 т/м³, НВ – 21,4 %, порозность составляет 45 %.

Фосфорные и калийные удобрения (суперфосфат и калийную соль) вносили под вспашку дозами, рассчитанными в соответствии со сроком использования травостоев, т.е. на 3, 5 и 7 лет. Азотные удобрения вносили каждый год – весной, в период отрастания трав, и после первых двух укосов.

Вегетационные поливы нормой 550 м³/га проводились при снижении предполивного порога влажности почвы до 70 % НВ. Оросительные нормы зависели в основном от погодных условий вегетационного периода, изменялись в пределах от 2,7 до 3,8 тыс. м³/га.

Объекты исследований – бобово-мятликовые травосмеси различных сроков использования. Смеси кратковременного (трёхлетнего) использования состояли из люцерны синегибридной, клевера лугового, райграса многоукосного и овсяницы луговой. Травосмеси среднего (пятилетнего) срока использования включали люцерну синегибридную, клевер луговой, эспарцет песчаный, овсяницу луговую, ежу сборную и тимopheевку луговую. В долговременные смеси (семилетнее использование) входили люцерна жёлтогибридная, клевер белый, козлятник восточный, кострец безостый, овсяница тростниковая, ежа сборная. Соотношение бобовых и мятликовых трав в первом варианте составляло 45 + 70 %, во втором – 100 + 100 и в третьем – 110 + 110 % от нормы высева монокультур. Сев травосмесей проводился летом, в первой половине августа. Полевые опыты сопровождались наблюдениями и учетами в соответствии с общепринятыми методиками.

Результаты и обсуждение. Данные химического состава растений изучаемых травосмесей показывают, что содержание протеина зависит от составляющих травосмесей, их соотношений и от укоса. Наибольшее количество протеина определялось в смесях из двух бобовых и одной-двух мятликовых культур. В биомассе, в состав которой входил только один бобовый и два мятликовых компонента, содержание протеина было минимальным – 10,6-14,8 %. В третьем укосе показатели протеина были максимальными – 17,3-17,7 %, а в первом – минимальными – 12,7-13,5 %.

В опытах прослеживалось существенное влияние на качество корма видов многолетних трав, входящих в смеси с различным сроком использования. В биомассе, рассчитанной на 3-х-летнее использование и включающей люцерну, клевер и овсяницу, содержание протеина равнялось 11,37 %. Введение второй мятликовой культуры в эту смесь снижало данный показатель до 11,06 %.

В средне- и долгосрочных смесях сохранялась тенденция снижения протеина при введении в их состав дополнительного мятликового компонента (рисунок 1).

Поукосная подкормка минеральным азотом (N_{45} и N_{60}) способствовала увеличению показателей протеина в биомассе смесей с 10,94-12,06 до 14,31-15,75 %. Также увеличивалось и содержание жира: с 2,46-2,74 до 2,58-3,03 % (рисунок 2).

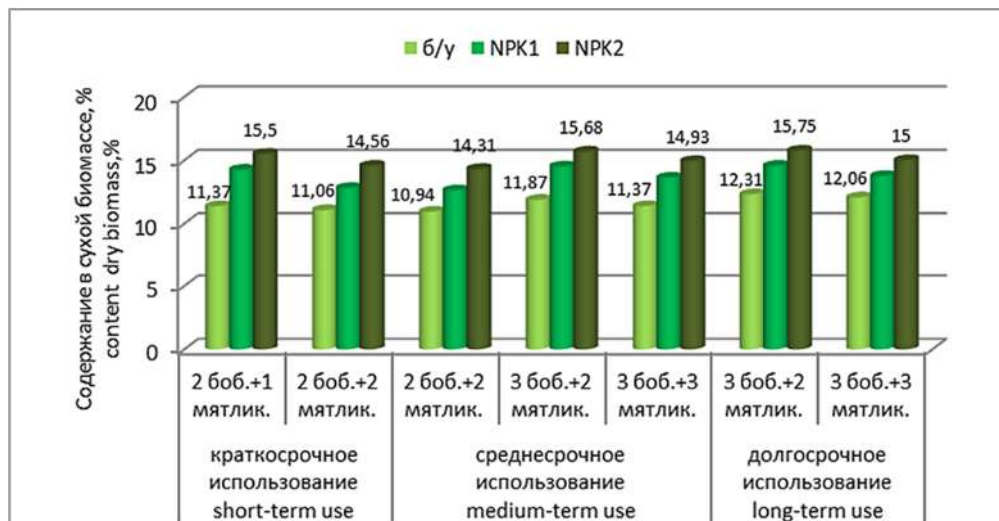


Рисунок 1 – Содержание протеина в биомассе смесей из бобовых и мятликовых культур во второй год пользования

Figure 1 – Protein content in the biomass of mixtures of legumes and bluegrass crops in the second year of use

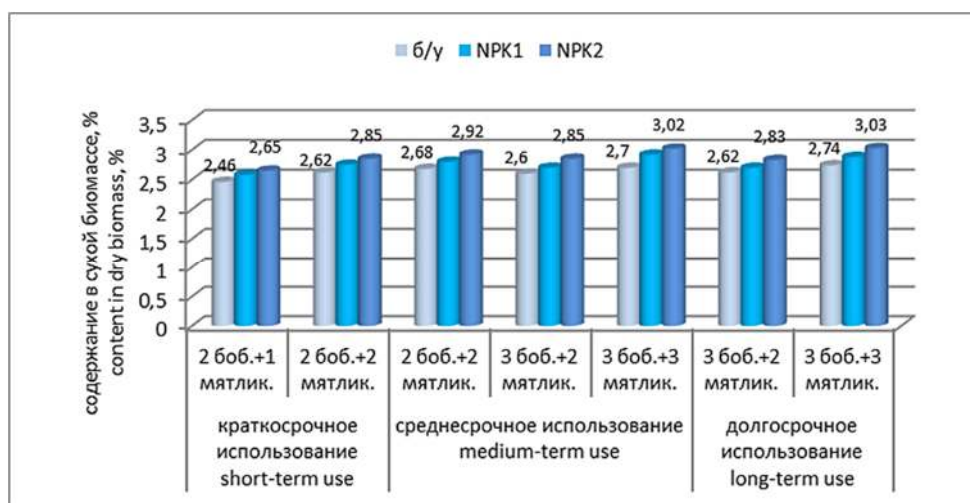


Рисунок 2 – Содержание жира в биомассе травосмесей второго года пользования

Figure 2 – Fat Content in the biomass of grass mixtures of the second year of use

Количество клетчатки в растениях, выращиваемых на улучшенных фонах питания, было ниже, чем в растениях на контрольном варианте (без удобрений): 23,80-26,92 и 26,00-28,88 % соответственно (рисунок 3).

Проведенный анализ состава аминокислот показал преимущество смесей, подобранных для семилетнего использования. Общая сумма аминокислот в варианте без удобрений составила 63,93 г/кг, а в смесях трех- и пятилетнего использования эти значения были несколько ниже – 62,30 и 63,55 г/кг. Улучшение пищевого режима почвы способствовало повышению этого показателя на 2,2-6,0 %. Содержание незаменимых аминокислот изменялось соответственно от 25,72 до 28,59 г в килограмме сухого корма (рисунок 4).

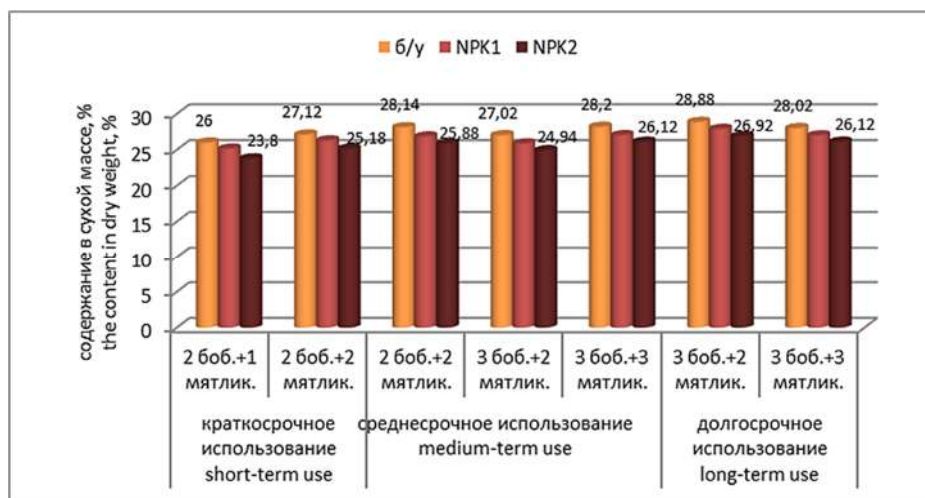


Рисунок 3 – Содержание клетчатки в биомассе травосмесей

Figure 3 – Fiber Content in the biomass of grass mixtures

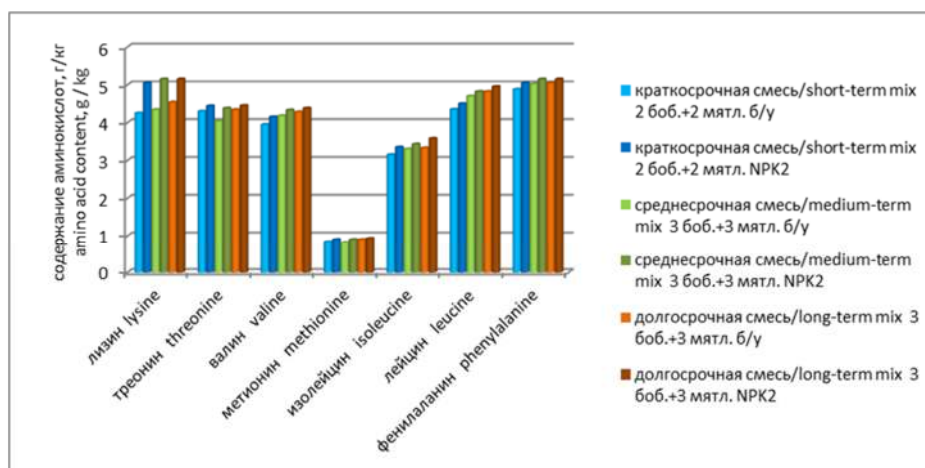


Рисунок 4 – Содержание незаменимых аминокислот в травосмесях

Figure 4 – Content of essential amino acids in herbal mixtures

Количество переваримого протеина в различных травосмесях зависело от соотношения бобовых и мятликовых компонентов. В биомассе, включающей две бобовые и одну мятликовую культуру, этот показатель был максимальным – 95-110 г. При введении второго мятликового компонента количество переваримого протеина снижалось до 62-68 г.

Энергетическая ценность изучаемых травосмесей также повышалась при введении в смесь большего числа бобовых компонентов – с 9,48-9,66 до 9,74-10,15 МДж. Содержание кормовых единиц повышалось при этом с 0,48-0,50 до 0,54-0,57.

В травосмесях из двух бобовых и двух мятликовых культур обеспеченность кормовой единицы протеином изменялась в пределах от 150 до 185 г, в смесях, состоящих из двух бобовых и одного мятликового компонента, – от 162 до 210. Уменьшение доли бобовых приводило к снижению этого показателя до 126-140 г.

Выводы. Таким образом, все изучаемые в опытах смеси обеспечивали оптимальное содержание в биомассе кормовых единиц, переваримого протеина и обменной энергии. Смеси среднего и более продолжительного срока использования отличались высоким качеством корма: в одном килограмме сухой массы содержалось 0,53-0,60 кормовых единиц, 80-112 г переваримого протеина и 9,10-9,85 МДж обменной энергии.

Они отличались также высоким содержанием незаменимых аминокислот – 25,72-28,59 г/кг, что характеризует биомассу бобово-мятликовых смесей как высокоценный корм для всех видов сельскохозяйственных животных.

Библиографический список

1. Беляк В. Б., Тимошкин О. А., Болахнова В. И. Оптимизация структуры кормовых культур в лесостепной и сухостепной зоне Поволжья // Кормопроизводство. 2015. №8. С. 16-22.
2. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. Технология производства высококачественных кормов при возделывании поликомпонентных смесей многолетних трав на орошении // Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике: материалы Национальной научно-практической конференции. 2017. С. 60-66.
3. Желтопузов В. Н., Хонина О. В. Химический состав корма бобовых и бобово-злаковых травосмесей в условиях орошения // Вестник АПК Ставрополя. 2016. №3(23). С. 168-171.
4. Кормовая и средообразующая роль многолетних бобовых трав в орошаемом земледелии Нижнего Поволжья / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, Е. И. Молоканцева [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. №6. С. 36-39.
5. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Влияние видов и сортов бобовых трав на качество пастбищного корма // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. М.: ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», 2018. Вып. 17(65). С. 74-82.
6. Лазарев Н. Н., Кухаренкова О. В., Куренкова Е. М. Урожайность козлятника восточного и люцерны изменчивой при долголетнем использовании // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. №2(362). С. 56-58.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
8. Степанова Г. В. Влияние погодных условий на химический состав сухого вещества люцерны (*Medicago varia* Mart.) в фазу цветения // Адаптивное кормопроизводство. 2019. №2. С. 26-39. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2019-2-26-39.
9. Структура и качество кормовой массы различных видов многолетних трав / З. А. Зарьянова, С. В. Кирихин, С. В. Бобков [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. №4(24). С. 115-120.
10. Эседуллаев С. Т., Шмелева Н. В. Роль нетрадиционных кормовых культур в кормопроизводстве Верхневолжья и научные основы их возделывания в одновидовых и смешанных посевах // Адаптивное кормопроизводство. 2019. №2. С. 6-16.
11. Forage crop yield and nutritive value under climate change in Canada / M-N. Thivierge, G. Jegou, G. Belanger [et al.] // Grassland Science in Europe. 2016. Vol. 21. P. 826-828.
12. Forage production and use in the dairy farming systems of Northern Italy / P. Mantovi, A. Dal Pra, M. T. Pacchioli [et al.] // Grassland Science in Europe. 2015. Vol. 20. P. 67-77.

Conclusions. Thus, all the mixtures studied in the experiments provided optimal content of feed units, digestible protein and exchange energy in the biomass. Mixtures of medium and longer-term use were characterized by high feed quality: one kilogram of dry weight contained 0.53-0.60 feed units, 80-112 g of digestible protein, and 9.10-9.85 MJ of exchange energy. They were also characterized by a high content of essential amino acids-25.72 - 28.59 g / kg, which characterizes the biomass of bean-bluegrass mixtures as a high-value feed for all types of farm animals.

Reference

1. Belyak V. B., Timoshkin O. A., Bolahnova V. I. Optimizaciya struktury kormovykh kul'tur v lesostepnoj i suhostepnoj zone Povolzh'ya // Kormoproizvodstvo. 2015. №8. P. 16-22.
2. Dronova T. N., Burceva N. I., Molokanceva E. I. Tehnologiya proizvodstva vysokokachestvennykh kormov pri vozdeleyvanii polikomponentnykh smesey mnogoletnih trav na oroshenii // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy v APK: ot teorii k praktike: materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2017. P. 60-66.
3. Zheltopuzov V. N., Honina O. V. Himicheskij sostav korma bobovykh i bobovo-zlakovykh travosmesey v usloviyakh orosheniya // Vestnik APK Stavropol'ya. 2016. №3(23). P. 168-171.

4. Kormovaya i sredobrazuyuschaya rol' mnogoletnih bobovyh trav v oroshaemom zemledelii Nizhnego Povolzh'ya / T. N. Dronova, N. I. Burceva, E. I. Molokanceva [i dr.] // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. №6. P. 36-39.
5. Kutuzova A. A., Provornaya E. E., Cybenko N. S. Vliyanie vidov i sortov bobovyh trav na kachestvo pastbischnogo korma // Mnogofunkcional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauch. tr. M.: FNC "VIK im. V. R. Vil'yamsa", 2018. Vol. 17(65). P. 74-82.
6. Lazarev N. N., Kuharenkova O. V., Kurenkova E. M. Urozhajnost' kozlyatnika vos-tochnogo i lyucerny izmenchivoj pri dolgoletnem ispol'zovanii // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2018. №2(362). p. 56-58.
7. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami. M.: Rossel'hoz akademiya, 1997. 156 p.
8. Stepanova G. V. Vliyanie pogodnyh uslovij na himicheskij sostav suhogo veschestva lyucerny (Medicago varia Mart.) v fazu cveteniya // Adaptivnoe kormoproizvodstvo. 2019. №2. P. 26-39. DOI 10.33814/AFP -2222-5366-2019-2-26-39.
9. Struktura i kachestvo kormovoj massy razlichnyh vidov mnogoletnih trav / Z. A. Zar'yanova, S. V. Kiryuhin, S. V. Bobkov [i dr.] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2017. №4(24). P. 115-120.
10. }sedullaev S. T., Shmeleva N. V. Rol' netradicionnyh kormovyh kul'tur v kormoproizvodstve Verhnevolzh'ya i nauchnye osnovy ih vozdel'yvaniya v odnovidovyh i smeshannyh posevah // Adaptivnoe kormoproizvodstvo. 2019. №2. P. 6-16.
11. Forage crop yield and nutritive value under climate change in Canada / M-N. Thivitrge, G. Jegu, G. Belanger [et al.] // Grassland Science in Europe. 2016. Vol. 21. P. 826-828.
12. Forage production and use in the dairy farming systems of Northern Italy / P. Mantovi, A. Dal Pra, M. T. Pacchioli [et al.] // Grassland Science in Europe. 2015. Vol. 20. P. 67-77.

Authors Information

Dronova Tamara Nikolaevna, doctor of agricultural Sciences, Professor, chief research officer, all-Russian research Institute of irrigated agriculture. (Russia 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9) tel. (8442) 60-24-31. E-mail: tam.dronova@yandex.ru

Burceva Natalia Ivanovna, candidate of agricultural Sciences, leading researcher of the all-Russian research Institute of irrigated agriculture. (Russia, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9) Tel. (8442) 60-23-29 E-mail: burceva.58@yandex.ru

Информация об авторах

Дронова Тамара Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9) тел. (8442) 60-24-31, 8-902-314-77-21. E-mail: tam.dronova@yandex.ru

Бурцева Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9) Тел. (8442) 60-23-29, 8-902-652-32-60. E-mail: burceva.58@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-09

PROMISING VARIETIES OF THE SOWING MILLET IN THE LOWER VOLGA REGION

A. V. Zelenev¹, O.G. Chamurlijev¹, A. N. Neymysheva², P. A. Smutnev²

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University»*

²*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*

Received 29.07.2020

Submitted 31.08.2020

Summary

The article presents the goals and objectives on selection of millet seed, the requirements to the creation of promising varieties, and varieties that have been bred in Kamyshin laboratory of breeding, seed production and nursery management of the «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Meli-

oration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», promising cultivars, distinguished in the competitive strain testing, the perfect of which will be transferred to the State Commission for variety testing as a new variety.

Abstract

Introduction. The Lower Volga region in the Russian Federation is an important region for the production of valuable cereal crops of millet. Its grain is used to produce a valuable cereal - millet, and flour is also made. Millet is considered the main insurance and profitable crop, as it has strong drought resistance, heat resistance and a weak response to sowing dates. The purpose of the breeding work is to develop promising varieties of millet that would exceed the existing and cultivated varieties in the region in terms of yield, are resistant to pests and pathogens, unfavorable weather factors, suitable for mechanized harvesting and processing that do not need extra costs during cultivation. **Object.** The objects of research were varieties and samples of sowing millet. **Materials and methods.** The studies were carried out on the experimental field of the Kamyshin laboratory of selection, seed production and nursery of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences» in 2012-2019, in the dry steppe zone of chestnut soils of the Lower Volga region. The humus content in the topsoil is 2.2-2.3%. Millet cultivation technology is generally accepted for the research area. The weather conditions during the years of the experiments were different. Of the eight years, 2016-2019 was very dry, 2012-2015 - dry. Sowing was carried out at the optimal time in the usual row method. The total area of the plot is 25 m², the accounting area is 23 m². The repetition is four times, the predecessor is winter wheat. The seeding rate is 3 million viable seeds per hectare. Intraspetic complex stepwise hybridization was performed manually, pollination was carried out with the pollen of the parent plant, and the panicle was covered with an isolator. Observations, selection of sheaves and harvesting from plots were carried out in accordance with the Methodology of the State variety testing of field crops. **Results and conclusions.** For the dry steppe zone of the Lower Volga region, millet varieties were created and submitted to the State variety testing: Volgogradskoe 4 (1993), Kamyshinskoe 95 (1998), Kamyshinskoe 98 (2001), Kamyshinskoe 100 (2008), Kamyshinskoe Yubileinoe (2008). These varieties are drought-resistant, have a high yield resource, excellent quality characteristics of grain and cereals, but are not resistant to the Sp2 smut race. In 2014, the Nizhne-Volzhskoe millet variety was transferred to the State Variety Testing Commission, which was created by crossing the Saratovskoe 10 and Volgogradskoe 4 varieties from the hybrid population by individual selection. A variety of varieties - sanguineum. The weight of 1000 grains is 7.9-8.3 g, it is drought-resistant, does not lodge or crumble. The yield of millet is 77.6-78.2%, which is bright yellow. Grain vitreousness 94%, nature - 768-780 g / l. It is slightly affected by melanosis (0.2-0.4%), the protein content in millet is 10.4-15%. Resistant to Sp1 and Sp2 smut. In 2017, a new variety of millet Cinderella was transferred to the State Commission for Variety Testing, which was bred by hybridization with further individual selection from a hybrid combination Saratovskoe 10 x Kamyshinskoe 98. Aureum variety (aureum). The grain is large, creamy, the weight of 1000 grains is 8.1-8.5 g. Mid-season, the growing season is 85-92 days. Millet is bright yellow, its yield is 77.5-78.9%. Glassiness 96%, slightly affected by melanosis (0.4-0.8%), the protein content in the grain is 14.8%. Resistant to Sp1 and Sp2 smut. In the demonstration crops, varieties of local selection and other scientific institutions were tested in order to establish the desired properties, as well as parental forms involved in hybridization. On average, for 2012-2015, the highest yield was provided by the millet variety Nizhne-Volzhskoe - 0.99 t / ha, which is 0.26 t / ha or 35.6% higher than the Saratovskoe 6 standard. They significantly exceeded the standard of varieties Kamyshinskoe 98 and Saratovskoe yellow, respectively by 0.07 t / ha. On average, for 2016-2019, the highest yield was formed by the Cinderella variety - 1.58 t / ha, which is 0.31 t / ha or 24.4% higher than the Saratov yellow standard. They also significantly exceeded the standard of varieties Kamyshinskoe 98 and Kamyshinskoe Yubileinoe, respectively by 0.08 and 0.16 t / ha or 6.3 and 12.6%. The rest of the varieties were significantly inferior to the control in terms of yield. In the competitive variety testing in 2017-2019, four new varieties of millet were studied: No. 1, No. 7, No. 13 and No. 14. They have valuable economically useful indicators. On average, over three years of research, the best yield was ensured by the sample No. 13 at the level of 2.16 t / ha, which exceeded the yield of the standard by 0.64 t / ha or 42.1%. This sample will be submitted to the State Variety Testing Commission as a new promising variety.

Key words: sowing millet, selection, methods for creating promising varieties, varieties, yield, promising samples, Lower Volga region.

Citation. Zelenev A. V., Chamurliiev O.G., Neymysheva A. N., Smutnev P. A. Promising varieties of sowing millet in the Lower Volga region *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2020. 3(59). 25-26. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-09

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

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

УДК 633.17(470.44/47)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ПРОСА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. В. Зеленев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. Г. Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. Н. Неймышева², старший научный сотрудник

П. А. Смутнев², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

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

Дата поступления в редакцию 29.07.2020

Дата принятия к печати 31.08.2020

Актуальность. Нижнее Поволжье в РФ является важным регионом по производству ценной крупяной культуры проса. Из его зерна производят ценную крупу – пшено, а также делают муку. Просо считается основной страховой и рентабельной культурой, так как обладает сильной засухоустойчивостью, жаростойкостью и слабой реакцией на сроки посева. Целью селекционной работы является выведение перспективных сортов проса, которые превышали бы существующие и возделываемые в регионе сорта по урожайности, были устойчивы к вредителям и возбудителям заболеваний, неблагоприятным погодным факторам, подходили для механизированной уборки и переработки, не нуждались в лишних затратах при возделывании. **Объект.** Объектом исследований являлись сорта и образцы проса посевного. **Материалы и методы.** Исследования выполняли на опытном поле Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН» в 2012-2019 гг., в сухостепной зоне каштановых почв Нижнего Поволжья. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 2,2-2,3 %. Технология выращивания проса общепринятая для зоны проведения исследований. Погодные условия в годы проведения опытов были различными. Из восьми лет 2016-2019 годы были очень засушливыми, 2012-2015 годы – сухими. Посев проводили в оптимальные сроки обычным рядовым способом. Общая площадь делянки 25 м², учетной – 23 м². Повторность четырехкратная, предшественник – озимая пшеница. Норма высева 3 млн всхожих семян на 1 га. Внутривидовую сложную ступенчатую гибридизацию выполняли ручным методом, опыление проводили пылью отцовского растения, метелку накрывали изолятором. Наблюдения, отбор снопов и уборка урожая с делянок выполнены в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания полевых культур. **Результаты и выводы.** Для сухостепной зоны Нижнего Поволжья были созданы и представлены на Государственное сортоиспытание сорта проса: Волгоградское 4 (1993), Камышинское 95 (1998), Камышинское 98 (2001), Камышинское 100 (2008), Камышинское Юбилейное (2008). Данные сорта засухоустойчивые, имеют высокий ресурс урожайности, отличные качественные признаки зерна и крупы, но не обладают устойчивостью к Sp2 расе головни. В 2014 году в Государственную комиссию по сортоиспытанию передан сорт проса Нижне-Волжское, который создан путем скрещивания сортов Саратовское 10 и Волгоградское 4 из гибридной популяции способом индивидуального отбора. Разновидность сорта – сангвинеум (sanguineum). Масса 1000 зерен 7,9-8,3 г, засухоустойчив, не полегает и не осыпается. Выход пшена 77,6-78,2 %. Цвет ярко-желтый. Стекловидность зерна 94 %, натура – 768-780 г/л. Слабо поражается меланозом (0,2-0,4 %), содержание белка в пшене 10,4-15 %. Устойчив к Sp1 и Sp2 головне. В 2017

году в Государственную комиссию по сортоиспытанию передан новый сорт проса Золушка, который выведен способом гибридизации с дальнейшим индивидуальным отбором из гибридной комбинации Саратовское 10 х Камышинское 98. Разновидность ауреум (aureum). Зерно крупное, кремовое, масса 1000 зерен 8,1-8,5 г. Среднеспелый, период вегетации 85-92 дня. Пшено ярко-желтого цвета, выход его составляет 77,5-78,9 %. Стекловидность 96 %, слабо поражается меланозом (0,4-0,8 %), содержание белка в зерне 14,8 %. Устойчив к Sp1 и Sp2 головне. В демонстрационных посевах проходили проверку сорта местной селекции и других научных учреждений с целью установления нужных свойств, а также причастные к гибридизации родительские формы. В среднем за 2012-2015 годы наибольшую урожайность обеспечил сорт проса Нижне-Волжское – 0,99 т/га, что выше стандарта Саратовское 6 на 0,26 т/га или 35,6 %. Существенно превышали стандарт сорта Камышинское 98 и Саратовское желтое, соответственно на 0,07 т/га. В среднем за 2016-2019 годы самую высокую урожайность формировал сорт Золушка – 1,58 т/га, что выше стандарта Саратовское желтое на 0,31 т/га или 24,4 %. Также существенно превышали стандарт сорта Камышинское 98 и Камышинское Юбилейное, соответственно на 0,08 и 0,16 т/га или 6,3 и 12,6 %. Остальные сорта по урожайности существенно уступали контролю. В конкурсном сортоиспытании в 2017-2019 годах исследовали четыре новых сортообразца проса посевного: №1, №7, №13 и №14. Они имеют ценные хозяйственно-полезные показатели. В среднем за три года исследований лучшую урожайность обеспечивал сортообразец №13 на уровне 2,16 т/га, что превышало урожайность у стандарта на 0,64 т/га или 42,1 %. Данный образец будет представлен в Государственную комиссию по сортоиспытанию в качестве нового перспективного сорта.

Ключевые слова: *просо посевное, селекция проса, методы создания перспективных сортов, перспективные сорта проса, урожайность проса, условия возделывания проса.*

Цитирование. Зеленев А. В., Чамурлиев О. Г., Неймышева А. Н., Смутнев П. А. Перспективные сорта проса посевного в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 25-26. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-09.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе исследований, а также ознакомились и утвердили окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Введение. Нижнее Поволжье в РФ является важным регионом по производству ценной крупяной культуры проса посевного. Из его зерна производят ценную крупу – пшено, в также делают муку, которую используют в чистом виде или в составе смесей с ржаной мукой для улучшения пищевых свойств. Вследствие повышенного содержания крахмала в зерне проса его применяют в пивоваренной и винокуренной промышленности [8, 13]. Просо обладает большим кормовым значением из-за повышенного содержания каротиноидов в зерне и считается основной страховой и рентабельной культурой, так как обладает сильной засухоустойчивостью, жаростойкостью и слабой реакцией на сроки посева [10].

Волгоградская область является крупным производителем зерна проса. Посевные площади этой культуры равняются 23 тыс. га, что составляет 8,8 % от общих посевов сельскохозяйственных культур. В результате валовые сборы проса в области достигают 15,4 тыс. т, это 7,1 % от общих валовых сборов. Средняя урожайность – 1,17 т/га [1].

Повышение урожайности, продуктивности, качества и устойчивости к стрессовым погодным явлениям проса посевного является актуальной проблемой науки и производства [6, 14].

Основной целью селекционной работы является выведение новых сортов проса посевного, которые превышали бы существующие и возделываемые в регионе сорта по урожайности и были устойчивы к вредителям и возбудителям заболеваний, неблагоприятным погодным факторам, подходили бы для механизированной уборки и переработки и не нуждались в лишних затратах при возделывании [11, 15].

Материалы и методы. Селекционная работа по выведению новых сортов проса посевного на Камышинской Госселекстанции ведется с 1936 года. Ведущим приемом в селекции проса является гибридизация с последующим отбором. Первичные родительские формы выбираются вслед за всесторонней оценкой их по совокупности хозяйственно-полезных показателей. Материалом являются образцы Мировой коллекции, сорта и гибриды других научно-исследовательских учреждений, местные селекционные образцы [1].

Научные исследования выполняли на опытном поле Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН» в 2012-2019 гг., которая расположена в сухостепной зоне каштановых почв Нижнего Поволжья. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 2,2-2,3 %. Технология выращивания проса посевного общепринятая для зоны проведения исследований.

Посев проса проводили в оптимальные сроки на делянках обычным рядовым способом с междурядьями 0,15 м. Общая площадь делянки 25 м², учетной – 23 м². Повторность четырехкратная, предшественник – озимая пшеница. Норма высева 3 млн всхожих семян на 1 га. После уборки урожая осуществляли его учет с каждой делянки.

Погодные условия в годы проведения исследований были различными. Из восьми экспериментальных лет 2016-2019 годы были очень засушливыми, а 2012-2015 годы – сухими.

Внутривидовую сложную ступенчатую гибридизацию выполняли ручным методом, опыление производили пылью отцовского растения в тот же день. Опыленную метелку накрывали изолятором.

Наблюдения, отбор снопов и уборка урожая с делянок исполнены в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Математическая обработка урожайных данных проведена методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Результаты и обсуждение. Исследованиями установлено, что фактор «год» значительно влияет на изменчивость признаков у сортов проса. Поэтому, чтобы снизить зависимость этой культуры от погодных факторов, необходимо создавать стрессоустойчивые сорта [3, 9, 12]. Погодные условия в годы исследований установились неблагоприятными для роста и развития проса посевного (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика погодных условий за период вегетации проса в 2012-2019 годах

Table 1 – Characteristics of weather conditions during the growing season of millet in 2012-2019

Показатель / Indicator	2012 г. / 2012	2013 г. / 2013	2014 г. / 2014	2015 г. / 2015	2016 г. / 2016	2017 г. / 2017	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019
Количество осадков, мм / Rainfall, mm	104,7	75,3	81,1	85,5	191,5	177,1	133,9	164,4
Среднегодовое количество осадков, мм / Average annual rainfall, mm	143,1	143,1	143,1	143,1	143,1	143,1	143,1	143,1
Среднемесячная температура воздуха, °C / Monthly air temperature, °C	24,1	23,3	23,4	22,9	23,1	21,1	22,7	21,7
Среднемноголетняя температура воздуха, °C / Annual air temperature, °C	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
Сумма активных температур, °C / Sum of active temperatures	2965,2	2880,2	2876,3	2811,2	2838	2592,6	2794,1	2668,8
ГТК / GTK	0,35	0,26	0,28	0,3	0,67	0,68	0,55	0,62

Из таблицы 1 видно, что погодные условия варьировали по годам. Наибольшее количество осадков выпадало в 2016 году – 191,5 мм, что выше среднегодового значения на 48,4 мм или 33,8 %. ГТК в этом году составил 0,67. Самым засушливым был 2013 год, когда за вегетацию проса выпало 75,3 мм, что ниже средних показателей на 67,8 мм, или 47,4 %. В этом году был самый низкий ГТК, равный 0,26. Среднемесячная температура воздуха в период вегетации проса во все годы была выше среднемноголетних значений. 2012-2015 годы исследований характеризовались как сухие, так как ГТК был ниже 0,4. 2016-2019 годы по этому показателю очень засушливые (ГТК = 0,7-0,4).

Вследствие выполненных опытов для сухостепной зоны Нижнего Поволжья были созданы и представлены на Государственное сортоиспытание сорта проса: Волгоградское 4 (1993), Камышинское 95 (1998), Камышинское 98 (2001), Камышинское 100 (2008), Камышинское Юбилейное (2008), которые засухоустойчивы, имеют высокий ресурс урожайности, отличные признаки качества зерна и крупы, но устойчивы только к расе головки Sp1. Поэтому в 2005 году началась работа по созданию сортов, обладающих полигенной устойчивостью к головне. Донором взят сорт Саратовское 10, устойчивый к Sp2 расе головки.

В результате в 2014 году в Госкомиссию по сортоиспытанию был передан сорт проса посевного Нижне-Волжское, который создан с помощью скрещивания сортов Саратовское 10 и Волгоградское 4 из гибридной популяции способом индивидуального отбора. Разновидность сорта – сангвинеум (*sanguineum*). Масса 1000 зерен 7,9-8,3 г, засухоустойчив, не полегает и не осыпается. Выход пшеницы 77,6-78,2 %. Цвет ярко-желтый. Стекловидность зерна 94 %, натура составляет 768-780 г/л. Сорт слабо поражается меланозом (0,2-0,4 %), содержание белка в пшенице 10,4-15 %. Устойчив к Sp1 и Sp2 головне.

В последнее время Госсортсетью и научными институтами Поволжья проводится селекционная работа в направлении создания позднеспелых сортов проса посевного с кремовой окраской зерна [7].

С 2016 года в Камышинской лаборатории проводится селекция на выведение сортов проса с высокой урожайностью и технологическими качествами пшеницы, а также кремовой окраской зерна. Такими свойствами характеризуется перспективный сорт Золушка, созданный в лаборатории и представленный в 2017 году в Госкомиссию по сортоиспытанию.

Новый сорт проса посевного Золушка выведен способом гибридизации с дальнейшим индивидуальным отбором из гибридной комбинации Саратовское 10 x Камышинское 98. Разновидность ауреум (*aureum*). Зерно крупное, кремовое, масса 1000 зерен 8,1-8,5 г. Сорт среднеспелый, период вегетации составляет 85-92 дня. Пшеница ярко-желтого цвета, выход его составляет 77,5-78,9 %. Технологические и кулинарные качества высокие. Стекловидность 96 %, слабо поражается меланозом (0,4-0,8 %), содержание белка в зерне 14,8 %. Сорт защищен генами устойчивости к головне Sp1 и Sp2.

Небольшая степень реализации генетического ресурса выращиваемых сортов проса вызвана отрицательными факторами и лишними материальными расходами в технологии возделывания, а также недостатком сортов, которые совмещают повышенную продуктивность с надежностью независимых, лимитирующих в местной зоне выращивания условий, влияющих на величину и качество урожая [4, 5]. Урожайность является главным мерилем, определяющим адаптивную восприимчивость сорта к местным условиям возделывания [2].

В демонстрационных опытах проходили проверку сорта других научных учреждений с целью установления нужных свойств, а также причастные к гибридизации родительские формы. К ним относятся сорта проса селекции НИИСХ Юго-Востока: Саратовское 6 – стандарт в питомниках по селекции с 1984 по 2015 годы, Саратовское 10, Саратовское 12, Золотистое, Саратовское желтое – стандарт с 2016 года, а также сорта Казачье (ВНИИЗБК, Орловская область), Золотая Орда (НПО «Сорго» г. Саратов), Козацке (Харьковская область, Украина).

Урожайность сортов проса в демонстрационном опыте в среднем за 2012-2015 годы представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность сортов проса посевного в демонстрационном опыте за 2012-2015 годы, т/га

Table 2 – Yield of millet varieties in the demonstration experiment for 2012-2015, t/ha

Сорт / Variety	Урожайность / Yield				
	2012 г. / 2012	2013 г. / 2013	2014 г. / 2014	2015 г. / 2015	средняя / average
Саратовское 6 (St) / Saratov 6 (St)	1,23	0,55	0,5	0,63	0,73
Волгоградское 4 / Volgograd 4	1,03	0,46	0,5	0,58	0,64
Камышинское 95 / Kamyshinskoe 95	0,96	0,46	0,46	0,67	0,64
Камышинское 98 / Kamyshinskoe 98	1,14	0,68	0,54	0,83	0,8
Ниже-Волжское / Nizhne-Volzhskoe	1,44	0,85	0,68	0,83	0,95
Саратовское 10 / Saratov 10	1,33	0,37	0,37	0,58	0,66
Саратовское 12 / Saratov 12	1,44	0,53	0,37	0,54	0,72
Золотистое / Golden	1,62	0,49	0,26	0,68	0,77
Саратовское желтое / Saratov yellow	1,65	0,49	0,49	0,57	0,8
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	0,07	0,09	0,03	0,03	0,06

Из таблицы 2 видно, что из четырех лет самым урожайным для проса посевного был 2012 год. Наибольшая урожайность обеспечивалась у сортов Золотистое и Саратовское желтое, соответственно 1,62 и 1,65 т/га, что выше сорта стандарта Саратовское 6 на 0,39 и 0,42 т/га или 31,7 и 34,1 %. Также положительная прибавка урожайности в этом году получена у сортов Ниже-Волжское, Саратовское 12 и Саратовское 10, соответственно 0,21 и 0,1 т/га. Самым неурожайным был 2014 год, в котором наилучший результат получен у сорта Ниже-Волжское, превышающего стандарт на 0,18 т/га, или 36 %. В среднем за четыре года исследований наибольшую урожайность обеспечил сорт проса посевного Ниже-Волжское – 0,99 т/га, что выше сорта стандарта Саратовское 6 на 0,26 т/га, или 35,6 %. Существенно превышали стандарт сорта Камышинское 98 и Саратовское желтое, соответственно на 0,07 т/га.

Урожайность сортов проса в демонстрационном опыте за 2016-2019 годы представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Урожайность сортов проса посевного в демонстрационном опыте за 2016-2019 годы, т/га

Table 3 – Yield of millet varieties in the demonstration experiment for 2016-2019, t/ha

Сорт / Variety	Урожайность / Yield				
	2016 г. / 2016	2017 г. / 2017	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	средняя / average
Саратовское желтое (St) / Saratov yellow (St)	0,52	2	1,74	0,83	1,27
Камышинское 98 / Kamyshinskoe 98	0,62	1,94	1,93	0,89	1,35
Камышинское Юбилейное / Kamyshinskoe Yubileynoye	0,68	2,16	2,27	0,61	1,43
Золушка / Cinderella	0,7	2,16	2,41	1,06	1,58
Золотистое / Golden	0,5	1,48	1,12	0,38	0,87
Казачье / Cossack	0,51	1,6	1,5	0,34	0,99
Золотая Орда / Golden Horde	0,51	1,93	1,56	0,61	1,15
Козацьке / Kozatske	0,49	1,4	1,12	0,53	0,89
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	0,05	0,09	0,04	0,05	0,06

Данные таблицы 3 показывают, что самыми урожайными были 2017 и 2018 годы. В 2017 году наибольшая урожайность проса посевного обеспечивалась у сортов Камышинское Юбилейное и Золушка – 2,16 т/га, что выше стандарта Саратовское желтое на 0,16 т/га, или 8 %. В 2018 году самыми урожайными были эти же сорта, соответственно 2,27 и 2,41 т/га. Менее урожайными были 2016 и 2019 годы. В 2016 году наиболее урожайными были также сорта Камышинское Юбилейное и Золушка, соответственно 0,68 и 0,7 т/га, что выше стандарта на 0,16 и 0,18 т/га, или 30,8 и 34,6 %. В 2019 году выделились сорта Камышинское 98 и Золушка, которые превышали стандарт Саратовское желтое соответственно на 0,06 и 0,23 т/га. В среднем за четыре года исследований самую высокую урожайность формировал сорт Золушка – 1,58 т/га, что выше стандарта Саратовское желтое на 0,31 т/га, или 24,4 %. Также существенно превышали стандарт сорта Камышинское 98 и Камышинское Юбилейное, соответственно на 0,08 и 0,16 т/га, или 6,3 и 12,6 %. Остальные сорта по урожайности существенно уступали контрольному варианту.

В конкурсном сортоиспытании в 2017-2019 годах исследовали четыре новых образца проса посевного: №1, №7, №13 и №14. Все сортообразцы имеют ценные хозяйственно-полезные показатели (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность перспективных сортообразцов проса посевного в конкурсном сортоиспытании за 2017-2019 годы, т/га

Table 4 – Yield of promising varieties of millet sown in competitive variety testing for 2017-2019, t/ha

Селекционный номер / Selection number	Происхождение / Origin	Урожайность / Yield			
		2017 г. / 2017	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	средняя / average
-	Саратовское желтое (St) / Saratov yellow (St)	2	1,74	0,83	1,52
-	Золушка / Cinderella	2,16	2,41	1,06	1,88
1	(Камышинское 95 х Саратовское 10) х Саратовское желтое / (Kamyshinskoe 95 х Saratov 10) х Saratov yellow	1,24	1,92	1,14	1,43
7	Саратовское 10 х ((Сангвинеум х Саратовское 8) х K8982) / Saratov 10 х ((Sanguineum х Saratov 8) х K8982)	1,49	1,99	1,09	1,52
13	Волгоградское 4 х K9880 х (М 81-67-03) / Volgograd 4 х K9880 х (M 81-67-03)	2,22	2,43	1,84	2,16
14	Камышинское 98 х K9438 х (Оренбургское 42) / Kamyshinskoe 98 х K9438 х (Orenburg 42)	1,83	2,26	1,11	1,73
HCP ₀₅ / SSD ₀₅		0,11	0,12	0,15	0,1

Анализ таблицы 4 показывает, что самым урожайным для проса из трех годов исследований был 2018 год, в котором наибольшую урожайность обеспечивали сорт Золушка и образец №13, соответственно 2,41 и 2,43 т/га, что выше стандарта Саратовское желтое на 0,67 и 0,69 т/га, или 38,5 и 39,7 %. Менее продуктивным для проса был 2019 год, в котором самую высокую урожайность обеспечивал перспективный сортообразец №13 – 1,84 т/га, что выше стандарта Саратовское желтое на 1,01 т/га. Остальные сорта и образцы также существенно превышали стандарт. В среднем за три года исследований лучшую урожайность обеспечивал сортообразец №13 на уровне 2,16 т/га, что превышало урожайность у сорта стандарта на 0,64 т/га или 42,1 %. Данный образец будет представлен в Госкомиссию по сортоиспытанию в качестве нового перспективного сорта.

Выводы. Камышинская лаборатория селекции, семеноводства и питомниководства владеет богатым селекционным материалом в достаточном объеме для проведения исследований. В питомник скрещивания вводятся самые лучшие образцы коллекции ВИР, сорта других научно-исследовательских учреждений, местный селекционный материал. Сортообразцы в питомниках обладают устойчивостью к головне расы Sp1 и Sp2. Кроме установленного ранее нового сорта проса посевного Золушка, необходимо продолжить научную работу с перспективным образцом №13.

Библиографический список

1. Зеленев А. В., Неймышева А. Н., Смутнев П. А. Адаптация перспективного сорта проса Золушка к условиям Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 54-60.
2. Зотиков В. И., Наумкина Т. С., Сидоренко В. С. Производство зернобобовых и крупяных культур в России: состояние, проблемы, перспективы // Земледелие. 2015. № 4. С. 3-5.
3. Кадычегова В. И., Бородин А. Н., Кадычegov А. Н. Сортовой потенциал проса в степной зоне Республики Хакасия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (114). С. 18-22.
4. Котляр А. И., Сидоренко В. С. Крупнозерные формы проса посевного в коллекции ВНИИЗБК // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 70-72.
5. Котляр А. И., Сидоренко В. С. Сорт проса Казачье как результат селекции на адаптивность // Земледелие. 2015. № 4. С. 46-47.
6. Кузнецова Н. А. Оценка линий проса в конкурсном сортоиспытании // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 4 (12). С. 56-59.
7. Никифорова И. Ю. Оценка адаптивного потенциала образцов проса посевного различных групп спелости по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «урожайность зерна» // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 1 (13). С. 79-83.
8. Новый сорт проса посевного Константа / А. К. Антимонов, О. Н. Антимонова, Л. Ф. Сыркина, Л. А. Косых // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. № 6. С. 5-6.
9. Оценка адаптивного потенциала сортов проса посевного в конкурсном испытании по признаку «урожайность зерна» / О. Н. Антимонова, А. К. Антимонов, Л. Ф. Сыркина, Л. А. Косых // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. № 2-4. С. 717-721.
10. Сурков А. Ю., Суркова И. В. The influence of the type panicles on economic valuable traits of millet // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 72-78.
11. Сурков А. Ю., Суркова И. В. Новый сорт проса Степное 9 // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 74-77.
12. Урожайность и параметры адаптивности перспективных сортов проса посевного в условиях лесостепи Самарской области / О. Н. Антимонова, А. К. Антимонов, Л. А. Косых, Л. Ф. Сыркина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. № 6. С. 9-14.
13. Habiyaemye C., Matanguihan J. B., Murphy K. M. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the pacific northwest, U.S.: a review // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 7. № 12. P. 1961.
14. Poltoretskyi S. P., Poltoretskaya N. M. Agroecological conditions of forming crop yield and quality of millet seeds // Bulletin of the Uman national University of horticulture. 2015. № 1. P. 93-95.
15. Rajput S. G., Santra D. K., Schnable J. Mapping qtls for morpho-agronomic traits in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) // Molecular Breeding. 2016. Vol. 36. № 4. P. 37.

Conclusions. Kamyshinsky laboratory of breeding, seed production and nursery management has a rich selection material in sufficient volume to conduct research. The best samples of the VIR collection, varieties of other research institutions, and local breeding material are introduced to the breeding nursery. Cultivars in nurseries are resistant to smut race Sp1 and Sp2. In addition to the previously established new variety of millet sown Cinderella, it is necessary to continue scientific work with the promising sample number 13.

Reference

1. Zelenev A. V., Neymysheva A. N., Smutnev P. A. Adaptation of a promising variety of millet Cinderella to the conditions of the Volgograd region // *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: science and higher professional education*. 2019. No. 1 (53). P. 54-60.
2. Zotikov V. I., Naumkina T. S., Sidorenko V. S. Production of legumes and cereals in Russia: state, problems, prospects // *Agriculture*. 2015. No. 4. P. 3-5.
3. Kadychegova V. I., Borodunya A. N., Kadychegov A. N. Varietal potential of millet in the steppe zone of the Republic of Khakassia // *Bulletin of the Altai state agrarian University*. 2014. No. 4 (114). P. 18-22.
4. Kotlyar A. I., Sidorenko V. S. Large-Grain forms of millet in the collection of VNIIZBK // *Legumes and cereals*. 2017. No. 4 (24). P. 70-72.
5. Kotlyar A. I., Sidorenko V. S. Kazachye millet Variety as a result of selection for adaptability // *Agriculture*. 2015. No. 4. P. 46-47.
6. Kuznetsova N. A. Evaluation of millet lines in competitive variety testing // *Legumes and cereals*. 2014. No. 4 (12). P. 56-59.
7. Nikiforova I. Yu. Assessment of adaptive potential of samples of millet of various groups of ripeness by statistical parameters calculated on the basis of "grain yield" // *Legumes and cereals*. 2015. No. 1 (13). P. 79-83.
8. New variety of millet seed Constant / A. K. Antimonov, O. N. Antimonova, L. F. Syrkina, L. A. Kosykh // *Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*. 2019. No. 6. P. 5-6.
9. Evaluation of adaptive potential of millet varieties in competitive testing on the basis of "grain yield" / O. N. Antimonova, A. K. Antimonov, L. F. Syrkina, L. A. Kosykh // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii nauk*. 2018. No. 2-4. P. 717-721.
10. Surkov A. Yu., Surkova I. V. The influence of the type panicles on economic valuable traits of millet // *Legumes and cereals*. 2017. No. 4 (24). P. 72-78.
11. Surkov A. Yu., Surkova I. V. New variety of millet Stepnoe 9 // *Legumes and cereals*. 2016. No. 1 (17). P. 74-77.
12. Productivity and adaptability parameters of promising varieties of millet sown in the conditions of the forest-steppe of the Samara region / O. N. Antimonova, A. K. Antimonov, L. A. Kosykh, L. F. Syrkina // *Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*. 2019. No. 6. P. 9-14.
13. Habiyaemye C., Matanguihan J. B., Murphy K. M. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the pacific northwest, U.S.: a review // *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 7. № 12. P. 1961.
14. Poltoretskyi S. P., Poltoretskaya N. M. Agroecological conditions of forming crop yield and quality of millet seeds // *Bulletin of the Uman national University of horticulture*. 2015. № 1. P. 93-95.
15. Rajput S. G., Santra D. K., Schnable J. Mapping qtls for morpho-agronomic traits in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) // *Molecular Breeding*. 2016. Vol. 36. № 4. P. 37.

Authors Information

Zelenev Alexander Vasilyevich, Professor of the Department of Agriculture and Agrochemistry, «Volgograd state agrarian University» (Volgograd state agricultural University) (26 Universitetsky Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation), doctor of agricultural Sciences, tel. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> E-mail: Zelenev.A@bk.ru

Chamurliov Omary Georgievich, Head of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8-902-363-54-07, E-mail: attika.ge@yandex.ru

Neymysheva Alla Nikolaevna, senior researcher of the Kamyshinsky laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology, complex reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (Federal Center research for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 403013, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), tel. 8-937-717-75-96, ORCID: [0000-0001-9261-8016](https://orcid.org/0000-0001-9261-8016) E-mail: alla.neymysheva@bk.ru

Smutnev Pavel Anatolyevich, leading researcher of the Kamyshinsky laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology, complex reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (Federal Center research for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 403013, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-937-720-38-85. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946> smut-pavel@yandex.ru

Информация об авторах

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

Чамурлиев Омарий Георгиевич, зав. кафедрой «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8-902-363-54-07, E-mail: attika.ge@yandex.ru

Неймышева Алла Николаевна, старший научный сотрудник Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), тел. 8-937-717-75-96, ORCID: 0000-0001-9261-8016 E-mail: alla.neymysheva@bk.ru

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-10

COMPARATIVE EVALUATION OF DIFFERENT TYPES OF FERTILIZERS AND METHODS OF THEIR APPLICATION WHILE GROWING GRAVES IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

T. G. Koleboshina¹, S. D. Fomin², N. B. Ryabchikova¹, O. G. Verbitskaya¹

¹*Bykovsky melon selective experimental station - the branch
of the Federal State Budget Institution «Federal Scientific Center for Vegetable Growing»,
Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

*This work was carried out according to State Assignment No. 0595-2019-0070
of the Federal Scientific-Practical Fund «Fundamental Scientific Research» of the Bykovsky BSOS
- a branch of the Federal State Budget Scientific Institution*

Received 29.07.2020

Submitted 31.08.2020

Summary

The article considers the possibility of using various types of fertilizers for growing table watermelon in the Volgograd region. A comparative assessment is given of the use of loose mineral fertilizers in a continuous and row-wise fashion, of new types of water-soluble fertilizers and organo-mineral preparations for treating plants in the growing season, their influence on yield, fruit quality and economic indicators are determined.

Abstract

Introduction. The article discusses the possibility of using various types of fertilizers when growing table watermelon in the Volgograd region. A comparative assessment of the use of bulk fertilizers, water-soluble fertilizers and organomineral preparations is given, their influence on productivity, fruit quality and economic indicators is determined. The conducted research is aimed at improving the elements of the technology for growing table watermelon in order to increase the efficiency of the melon

industry. **Object.** The object of research is the varieties of table watermelon. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental site of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Vegetable Growing». Test setting and accompanying observations were carried out according to methodologies and industry standards. **Results and discussion.** The research results showed a positive effect of the use of fertilizers on the main indicators of the efficiency of growing table watermelon. The maximum yield was observed in the variant with 2-fold treatment of plants with water-soluble fertilizer Hakafof - 12.2 t / ha, which is from 9.9% to 46.9% more compared to other studied variants. The dry matter content, the main indicator of fruit quality, ranged from 8.4% to 11.8%, with 7.9% in the control variant. As studies have shown, an increase in yield, an improvement in its structure when growing table watermelon with the use of fertilizers, can increase the economic performance of the production of this product. **Conclusions.** The advantage of 2-fold treatment of plants with water-soluble fertilizer Hakafof was established, where the maximum yield values were obtained - 12.2 t / ha and the level of profitability - 113.4%.

Key words: table watermelon, types of fertilizers, methods of applying fertilizers, fruit quality, economic efficiency.

Citation. Kaleboshina T.G., Fomin S.D., Ryabchikova N.B., Verbitskaya O.G. Comparative evaluation of different types of fertilizers and methods of their application while growing graves in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 107-116 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-10.

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

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

УДК 635.615/ 631.811/ 631.8.022.3

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Т. Г. Колебошина¹, доктор сельскохозяйственных наук

С. Д. Фомин², доктор технических наук

Н. Б. Рябчикова¹,

О. Г. Вербитская¹

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального научного центра овощеводства, Волгоградская область, Быковский район

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 29.07.2020

Дата принятия к печати 31.08.2020

Работа выполнена по Государственному заданию № 0595-2019-0070 ФНП "Фундаментальные научные исследования «Быковской БСОС - филиал ФГБНУ ФНЦО»

Актуальность. В статье рассмотрена возможность применения различных видов удобрений при выращивании арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья. Дана сравнительная оценка использования сыпучих удобрений, водорастворимых удобрений и органоминеральных препаратов, определено их влияние на урожайность, качество плодов и экономические показатели. Проведенные исследования направлены на усовершенствование элементов технологии выращивания арбуза столового с целью повышения эффективности отрасли бахчеводства. **Объект.** Объектом исследований являются сорта арбуза столового. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Закладка опытов и сопутствующие наблюдения проведены согласно методикам и отраслевым стандартам. **Результаты и обсуждение.** Результаты исследований показали положительное действие применения удобрений на основные показатели эффективности выращивания

арбуза столового. Максимальная урожайность была отмечена в варианте с 2-х кратной обработкой растений водорастворимым удобрением Хакафос – 12,2 т/га, что от 9,9 % до 46,9 % больше по сравнению с другими изучаемыми вариантами. Содержание сухих веществ, основного показателя качества плодов, колебалось от 8,4 % до 11,8 %, при 7,9 % в контрольном варианте. Как показали исследования, увеличение урожайности, улучшение ее структуры при выращивании арбуза столового с использованием удобрений позволяет повысить экономические показатели производства данной продукции. **Выводы.** Установлено преимущество 2-х кратной обработки растений водорастворимым удобрением Хакафос, где были получены максимальные значения урожайности – 12,2 т/га и уровень рентабельности – 113,4 %.

Ключевые слова: арбуз столовый, виды удобрений, способы применения удобрений, качество плодов арбуза, экономическая эффективность возделывания арбузов.

Цитирование. Колебошина Т. Г., Фомин С. Д., Рябчикова Н. Б., Вербитская О. Г. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья. Известия НВ АУК. 2020. 3(59). 107-116. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-10.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Политика импортозамещения, реализуемая в аграрном секторе в России с 2014 года, позволила добиться существенных результатов: выросло производство отечественной продукции, сократился импорт, повысилась продовольственная независимость страны [10]. Но если зерновая продукция важна для обеспечения жизнедеятельности населения, то овощебахчевая продукция, обладая высоким содержанием витаминов и других незаменимых веществ, является основным источником для обеспечения человека данными элементами и, как следствие, сохранения его здоровья [6]. В реестре селекционных достижений представлен достаточно большой сортимент сортов овощебахчевых культур отечественной селекции, использование которых в товарном производстве позволит значительно расширить период потребления свежей продукции и обеспечить потребности рынка [3, 4, 7]. Уровень производства валовой овощебахчевой продукции в России находится ниже значений для обеспечения нормы ее потребления, рекомендованные ВОЗ, что напрямую зависит от урожайности, которая остается на достаточно низком уровне [8]. Ранее проведенными исследованиями определены оптимальные агротехнические приемы выращивания данной продукции [9, 11, 12, 13]. Немаловажное значение в технологии выращивания овощебахчевой продукции является использование различных видов минеральных удобрений, а также способы их применения. Азот необходим для растений как строительный материал органелл растительных клеток. Недостаток или избыток его приводит к снижению продуктивных органов растений и, как следствие, снижению урожайности и их продуктивности. Фосфор, являясь активатором обмена веществ, оказывает положительное действие на формирование корневой системы, повышает семенную продуктивность овощебахчевых культур. Калий выполняет роль транспортировщика пластических веществ в продуктивные органы, что влияет на оптимизацию условий созревания плодов и повышает их сохранность [2]. На рынке минеральных удобрений представлены новые виды водорастворимых удобрений, в состав которых входит целый ряд элементов, способствующих повышению урожайности. Целью исследований было проведение сравнительного анализа использования в технологии выращивания бахчевых культур различных видов удобрений, органоминеральных препаратов, способов их применения, определение их влияния на урожайность, качество плодов и экономические показатели.

Материалы и методы. Проводимые исследования на Быковской бахчевой селекционной опытной станции с 2016 года по настоящее время направлены на выполнение поставленной задачи – разработки и усовершенствования агротехнических приемов возделывания бахчевых культур с целью получения гарантированной урожайности с минимальными затратами. Объект исследований – сорта арбуза столового позднего срока созревания селекции станции Холодок и Икар. Научные исследования проводили, руководствуясь методическими указаниями, государственными и отраслевыми стандартами [1, 5] с использованием современных приборов. Были изучены виды удобрений и способы их применения: $N_{60}P_{90}K_{60}$ кг/га д.в., способ внесения – сплошной, перед предпосевной обработкой почвы; $N_{20}P_{20}K_{20}$ кг/га д.в., способ внесения – рядковое, во время посева; Гумат калия (0,4 л/га) и Хакафос (900 гр/100 л) – в качестве внекорневой подкормки 2-хкратно в периоды «начало плетобразования» и «перед смыканием плетей». Норма рабочего раствора 300 л/га. Повторность опытов 3-хкратная, размещение вариантов систематическое. Схема посева 2,3 x 1,5 м. Предшественник – рожь озимая.

Результаты и обсуждение. Применение удобрений при выращивании арбуза столового в условиях юго-восточной зоны страны, как показали исследования, является достаточно эффективным приемом повышения продуктивности посевов. Биологической особенностью бахчевых культур является медленный рост в начале вегетации, высокая засухоустойчивость, мощное развитие корневой системы, а также достаточно большая, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, площадь питания, что обусловило высокую их отзывчивость на внесение минеральных удобрений. Изначально использовались сыпучие минеральные удобрения, но в силу экономических и организационных причин их применение под бахчевые культуры существенно снизилось. Появление на рынке новых видов удобрений (жидких, водорастворимых) ставит вопрос перед товаропроизводителями бахчевой продукции об их эффективности в получении стабильной урожайности и минимизации затрат. Нами была проведена сравнительная оценка использования различных видов удобрений и способов применения в технологии выращивания арбуза столового с целью определения их влияния на урожайность, качество плодов и экономические показатели. В результате проведенных исследований установлено, что использование сыпучих минеральных удобрений сплошным способом внесения дозой $N_{60}P_{90}K_{60}$ кг/га д.в. обеспечивает прибавку урожая на 27,7 % по сравнению с контрольным вариантом. Урожайность арбуза столового на 33,7 % больше по отношению к контролю при рядковом внесении минеральных удобрений дозой $N_{20}P_{20}K_{20}$ кг/га д.в. и на 4,7 % больше в сравнении с вариантом сплошного внесения минеральных удобрений дозой $N_{60}P_{90}K_{60}$ кг/га д.в. Максимальная урожайность была отмечена в варианте с применением водорастворимого удобрения Хакафос в качестве внекорневой подкормки – 12,2 т/га, что от 9,9 % до 20,8 % больше по сравнению с другими вариантами использования удобрений и органоминерального препарата Гумат калия и на 46,9 % больше по сравнению с контрольным вариантом. Результаты исследований показали положительное действие применения удобрений на структуру урожая, при максимальном выходе стандартной продукции в варианте Хакафос (обработка растений) – 95,7 % и минимальных значениях данного показателя в контрольном варианте – 70,1 %. Одним из показателей товарного спроса бахчевой продукции является величина средней массы плода: чем она больше, тем привлекательнее для потребителей. В результате исследований выявлено, что самые крупные плоды были получены в вариантах с применением водорастворимого удобрения Хакафос и органоминерального удобрения Гумат калия, средняя масса плода на 10,0-30,9 % больше по сравнению с использованием сыпучих минеральных удобрений и почти на 2 кг больше по сравнению с плодами в контрольном варианте (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние различных видов удобрений и способов их применения на урожайность арбуза столового и его структуру (среднее за 4 года)

Table 1 – The effect of various types of fertilizers and methods of their application on the yield of table watermelon and its structure (average for 4 years)

Варианты опыта / Experience Options	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	Выход стандартной продукции, % / The output of stand- ard products, %	Средняя масса плода, кг / The average mass of the fetus, kg
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizer)	8,3	70,1	3,6
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (сплошное) / N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (solid)	10,6	81,1	4,2
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀ (рядковое) / N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀ (row)	11,1	84,4	5,0
Гумат калия (обработка растений) / Potassium humate (plant treatment)	10,1	95,3	5,5
Хакафос (обработка растений) / Hakafos (about processing plants)	12,2	95,7	5,5

НРС₀₅ = 0,59 т/га (урожайность); НРС₀₅ = 0,33 кг (ср. масса плода)

Учитывая диетические свойства арбуза столового, важное значение приобретает определение влияния изучаемых агроприемов на биохимический состав плодов. Экспериментальные данные показывают, что применение удобрений изменяло содержание сухих веществ в пределах от 8,4 % до 11,8 %. По фону удобрений N₆₀P₉₀K₆₀ кг/га д.в. содержание сухих веществ повышалось до 8,4 % при 7,9 % в контрольном варианте, на 2,0 % и на 2,3 % больше от вариантов N₂₀P₂₀K₂₀ (рядковое) и Хакафос (обработка растений) соответственно. Самое высокое содержание сухих веществ в плодах арбуза столового было в варианте с 2-х кратной обработкой растений препаратом Гумат калия, на 3,9 % больше по сравнению с контрольным вариантом и на 1,6-3,4 % больше по сравнению с другими изучаемыми удобрениями и способами их применения. По химическому составу углеводы в плодах арбуза столового представлены в виде простых сахаров - моносахариды (глюкоза и фруктоза) и сахарозы. Наибольшая изменчивость от применения удобрений в исследованиях характерна для сахарозы, от 0,83 % до 2,58 % больше по сравнению с контрольным вариантом. В вариантах с применением удобрений отмечено повышенное содержание моносахаридов, которые легче всего усваиваются организмом человека, колебалось от 3,30 % до 5,05 % при 2,47 % в контрольном варианте. Аналогичная тенденция прослеживалась и по содержанию в плодах арбуза столового общего сахара, при максимальных значениях в варианте с применением органоминерального удобрения Гумат калия - 10,9 % и минимальных значениях в контроле – 7,02 %. Витамин С оказывает положительное действие на уровень защитных сил человека, участвует в большинстве биохимических процессов в организме и т.д. Но в организме человека он не синтезируется и не накапливается. Поэтому, так как основным источником витамина С являются овощи, его количество в плодах арбуза столового приобретает важное значение. Как показали результаты биохимического анализа, наибольшее повышение витамина С в плодах арбуза столового отмечено при использовании водорастворимого удобрения Хакафос – 8,23 мг%, что на 1,62-2,04 мг% больше по сравнению с другими изучаемыми удобрениями и способами их применения и на 2,51 мг% превышает его количество в контрольном варианте (таблица 2).

Одним из показателей экологической чистоты продукта является наличие в плодах арбуза столового нитратов и их количество. Экспериментальные данные показали безопасность применения удобрений в представленных дозах при выращивании арбуза

столового, количество нитратов во всех изучаемых вариантах не превышает ПДК (60 мг/кг). Максимальное их количество было отмечено в варианте с применением минеральных удобрений сплошным способом дозой $N_{60}P_{90}K_{60}$ кг/га д.в. – 50,8 мг/кг, при минимальных значениях от 2-х кратной обработки растений в вегетацию водорастворимым удобрением Хакафос – 38,8 мг/кг (рисунок 1).

Таблица 2 – Влияние различных видов удобрений и способов их применения на качество арбуза столового (среднее за 4 года)

Table 2 – The effect of various types of fertilizers and methods of their application on the quality of table watermelon (average for 4 years)

Варианты опыта / Experience Options	Сухих веществ, % / Dry matter, %	Общий сахар, % / Total sugar %	Сахароза, % / Saha rose %	Моносахара, % / Mono-sugar, %	Глюкоза, % / Glu goat%	Фруктоза, % / Fruit dose, %	Витамин «С», мг% / Vitamin «C», mg%
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizer)	7,9	7,02	2,47	4,55	0,75	3,80	5,72
$N_{60}P_{90}K_{60}$ (сплошное) / $N_{60}P_{90}K_{60}$ (solid)	8,4	8,37	3,3	5,07	1,55	3,52	6,19
$N_{20}P_{20}K_{20}$ (рядковое) / $N_{20}P_{20}K_{20}$ (row)	9,9	9,02	3,67	5,35	1,26	4,09	6,19
Гумат калия (обработка растений) / Potassium humate (plant treatment)	11,8	10,90	5,05	5,85	1,33	4,52	5,61
Хакафос Хакафос (обработка растений) (about processing plants) (обработка растений)	10,2	10,10	4,60	5,50	1,92	3,58	8,23

$НРС_{05} = 0,47$ (сух.в-в); $НРС_{05} = 0,43$ (общ. сахар); $НРС_{05} = 0,25$ (моносахара); $НРС_{05} = 0,24$ (сахароза); $НРС_{05} = 0,23$ (витамин "С")

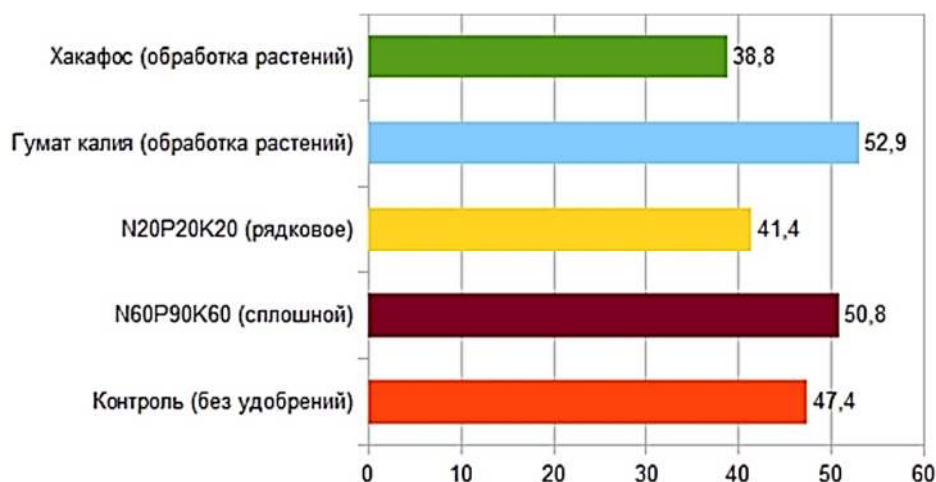


Рисунок 1 – Содержание нитратов в плодах арбуза столового, мг/кг

Picture 1 – The nitrate content in the fruits of table watermelon, mg / kg

Таблица 3 – Экономические показатели использования различных видов удобрений и способов их применения (среднее за 4 года)

Table 3 – Economic indicators of the use of various types of fertilizers and methods of their application (average for 4 years)

Показатели / Indicators	Контроль (без удобрений) / Control (without ferti- lizer)	N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (сплош- ное) / N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (solid)	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀ (рядко-вое) / N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀ (row)	Гумат калия (обработка растений) / Potassium humate (plant treatment)	Хакафос (обработка растений) / Hakafos (about processing plants)
Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	8,3	10,6	11,1	10,1	12,2
Постоянные затраты, тыс. руб/га / Fixed costs thousand rubles / ha	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
Прирост урожайности, т/га / Yield increase, t / ha	-	2,3	2,8	2,5	3,9
Дополнительные затраты, тыс. руб/га / Additional costs, thousand rubles / ha	-	3,81	2,49	2,65	3,89
Всего затрат, тыс. руб/га / Total costs, thousand rubles / ha	10,4	14,21	12,89	13,05	14,29
Стоимость валовой про- дукции, тыс. руб/га / The cost of gross output, thou- sand rubles / ha	12,45	19,08	23,31	25,25	30,50
Дополнительная выручка, тыс. руб/га / Additional revenue, thousand rubles / ha	-	4,14	5,88	6,25	9,75
Окупаемость дополнительных затрат, р/р / Payback additional costs, r / r	-	1,10	2,36	2,36	2,51
Себестоимость 1 т, руб / Cost of 1 ton, rub	1253,0	1340,1	1161,3	1292,1	1171,3
Прибыль, тыс. руб/га / Profit, thousand rubles / ha	2,05	4,87	10,42	12,20	16,21
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	19,7	34,3	80,8	93,5	113,4

Критерием оценки применяемых элементов технологии выращивания арбуза столового является экономическая эффективность, когда доход от дополнительно полученной продукции превышает расходы, связанные с затратами на дополнительные расходы. Оценка экономических показателей использования различных видов удобрений отражает положительное влияние данных элементов технологии на прирост урожайности, с наибольшим показателем в варианте Хакафос (обработка растений), на 41,4-69,6 % больше по сравнению с другими изучаемыми видами и способами применения удобрений. Несмотря на то, что при обработке растений Хакафосом увеличиваются дополнительные затраты, их окупаемость достаточно высокая и составила 2,51 рубля на рубль, что на 6,35 % больше от применения Гумата калия и N₂₀P₂₀K₂₀ кг/га д.в., икратно больше по сравнению с внесением

минерального удобрения сплошным способом дозой $N_{60}P_{90}K_{60}$ кг/га д.в. Уровень рентабельности колебался от 19,7 % до 113,4 % при максимальных значениях в варианте Хакафос (обработка растений) и минимальных в контрольном варианте (таблица 3).

Выводы. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения в технологии выращивания арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья показала положительное их влияние на урожайность. Максимальная урожайность была получена при 2-х кратной обработке растений в вегетацию водорастворимым удобрением Хакафос – 12,2 т/га. Несмотря на увеличение дополнительных затрат, в данном варианте отмечались самые высокие значения стоимости валовой продукции, прибыли и уровня рентабельности. Исследованиями выявлено, что применение удобрений в указанных дозах и способах не оказывает отрицательного воздействия на экологическую чистоту продукта, количество нитратов значительно ниже ПДК (60 мг/кг).

Библиографический список

1. Белик В. Ф., Бондаренко Г. А. Методические указания по агротехническим и физиологическим исследованиям с овощными и бахчевыми культурами. М.: ВНИИО. 1979. 210 с.
2. Борисов В. А. Система удобрений овощных культур. М.: Росинформагротех. 2016. 391 с.
3. Быковский Ю. А., Варивода Е. А. Перспективные сорта бахчевых культур для юга России // Картофель и овощи. 2017. № 9. С. 39-40.
4. Колебошина Т. Г., Варивода Е. А., Малыева С. В. Новые сорта и гибриды арбуза для конвейерного производства товарной продукции // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 64-70.
5. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия. 2011. 648 с.
6. Овощи в системе продовольственной безопасности России / А. В. Солдатенко [и др.] // Овощи России. 2019. № 2. С. 9-15.
7. Основные направления и результаты селекционной работы в бахчеводстве / С. В. Малыева [и др.] // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: сб. науч. тр. Волгоград. 2018. С. 233-238.
8. Проблемы производства конкурентной овощной продукции / А. В. Солдатенко [и др.] // Овощи России. 2019. № 1. С. 3-7.
9. Рябчикова Н. Б., Колебошина Т. Г., Суслова В. А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество плодов арбуза в условиях открытого грунта Волгоградского Заволжья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 3(72). С. 315-320.
10. Ушачев И. Г., Маслова В. В., Чекалин В. С. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. С. 3-8.
11. Эффективность применения новых видов и норм водорастворимых удобрений в технологии выращивания арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья / Н. Б. Рябчикова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 81. С. 173-177.
12. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably // Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
13. NeSmith D. S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon // I. Am. Soc. Hortic. Sc. 1999. Vol. 124. № 5. P. 458-461.

Conclusion. A comparative assessment of various types of fertilizers and methods of their application in the technology of growing table watermelon in the Volgograd Trans-Volga region showed their positive effect on productivity. The maximum yield was obtained with a 2-fold treatment of plants during the growing season with Hakafof water-soluble fertilizer - 12.2 t / ha. Despite the increase in additional costs in this option, the highest values of gross output, profit and profitability were noted. Studies have shown that the use of fertilizers in the indicated doses and methods does not adversely affect the environmental cleanliness of the product, the amount of nitrates is much lower than the MPC (60 mg / kg).

Reference

1. Belik V. F., Bondarenko G. A. Metodicheskie ukazaniya po agrotehnicheskim i fiziologicheskim issledovaniyam s ovoschnymi i bahchevymi kul'turami. M.: VNIIO. 1979. 210 p.
2. Borisov V. A. Sistema udobrenij ovoschnyh kul'tur. M.: Rosinformagroteh. 2016. 391 p.
3. Bykovskij Yu. A., Varivoda E. A. Perspektivnye sorta bahchevyh kul'tur dlya yuga Rossii // Kartofel' i ovoschi. 2017. № 9. P. 39-40.
4. Koleboshina T. G., Varivoda E. A., Malueva S. V. Novye sorta i gibridy arbuza dlya konvejnogo proizvodstva tovarnoj produkcii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 4 (44). P. 64-70.
5. Litvinov S. S. Metodika polevogo opyta v ovoshevodstve. M.: Rossel'hozakkademiya. 2011. 648 p.
6. Ovoschi v sisteme prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii / A. V. Soldatenko [i dr.] // Ovoschi Rossii. 2019. № 2. P. 9-15.
7. Osnovnye napravleniya i rezul'taty selekcionnoj raboty v bahchevodstve / S. V. Malueva [i dr.] // Mirovye nauchno-tehnologicheskie tendencii social'no-jekonomicheskogo razvitiya APK i sel'skih territorij: sb. nauch. tr. Volgograd. 2018. P. 233-238.
8. Problemy proizvodstva konkurentnoj ovoschnoj produkcii / A. V. Soldatenko [i dr.] // Ovoschi Rossii. 2019. № 1. P. 3-7.
9. Ryabchikova N. B., Koleboshina T. G., Suslova V. A. Vliyanie stimulyatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo plodov arbuza v usloviyah otkrytogo grunta Volgogradskogo Zavolzh'ya // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3(72). P. 315-320.
10. Ushachev I. G., Maslova V. V., Chekalin V. S. Importozameschenie i obespechenie prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii // Ovoschi Rossii. 2019. № 2. P. 3-8.
11. Jefferktivnost' primeneniya novyh vidov i norm vodorastvorimyh udobrenij v tehnologii vyraschivaniya arbuza stolovogo v usloviyah Volgogradskogo Zavolzh'ya / N. B. Ryabchikova [i dr.] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 81. P. 173-177.
12. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably // Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
13. NeSmith D. S. Root destribution and yield of direct seeded and transplanted watermwlon // I. Am. Soc. Hortic. Sc. 1999. Vol. 124. № 5. P. 458-461.

Authors Information

Koleboshina Tat'yana Gennad'evna, manager Bykovsky melon selective experimental station - the branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" (404067 Volgogradskaya obl., Bykovskij r-on, p. Zelyonyj), doctor of agricultural sciences, leading researcher, tel.: 8-84495-3-55-88, e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Fomin Sergej Denisovich, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Professor of the Mechanics Department, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Ryabchikova Natal'ya Borisovna, junior researcher Bykovsky melon selective experimental station - the branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" (404067 Volgogradskaya obl., Bykovskij r-on, p. Zelyonyj), tel.: 8-84495-3-55-88, e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Verbitskaya Ol'ga Gennad'evna, junior researcher Bykovsky melon selective experimental station - the branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" (404067 Volgogradskaya obl., Bykovskij r-on, p. Zelyonyj), tel.: 8-84495-3-55-88, e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Информация об авторах

Колешина Татьяна Геннадьевна, руководитель Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО (404067 Волгоградская обл., Быковский р-он, п. Зелёный), доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, тел. 8-84495-3-55-88 e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, профессор кафедры «Механика» Волгоградского государственного аграрного университета (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

Рябчикова Наталья Борисовна, младший научный сотрудник Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО (404067, Волгоградская обл., Быковский р-он, п. Зелёный), тел. 8-84495-3-55-88, e-mail: BBSOS34@yandex.ru

Вербитская Ольга Геннадьевна, младший научный сотрудник Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО (404067, Волгоградская обл., Быковский р-он, п. Зелёный), тел. 8-84495-3-55-88, e-mail: BBSOS34@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-11

THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE SUNFLOWER CULTIVATION SYSTEMS IN THE SOUTHERN CHERNOZEM SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

G. A. Medvedev, N. G. Ekatericheva, A. V. Tkachenko

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 29.07.2020

Submitted 31.08.2020

The studies were carried out as part of the postgraduate training program at the Department of Plant Growing, Breeding and Seed Production of the Volgograd State Agrarian University on a budgetary basis

Summary

The article presents the results of two-year observations of the growth and development of two sunflower hybrids - EU-Novomis and EU-Arcadia SU in two innovative sunflower cultivation systems: Clearfield and Express Sun on the southern chernozems of the Volgograd region. Taken to study the system of cultivation of sunflower did not significantly affect the field germination of seeds and the safety of plants for harvesting. The difference between the options did not exceed 2.5% in field germination and even less in the preservation of plants for harvesting. Least of all weeds at the time of harvesting the sunflower was on the option in the Clearfield system, and most of all on the control. However, it should be noted that Eur-lighting in the Clearfield system better destroys broomrape and weed from the bluegrass family, and the Express herbicide in the Express Sun system better copes with perennial weeds. Of the hybrids taken for study, the most productive in all years was the EU-Novomis. On average, over two years, the EU-Novomis hybrid in the Clearfield system, against the background of dumping, provided 2.52 t / ha of oilseeds, which is 15.0% more than in the control and 10.5% more than the EU-Arcadia hybrid SS in Express Sun system. Cost-effectiveness calculations have shown the clear advantage of the Clearfield system. The use of this system of sunflower cultivation in the subzone of southern chernozems makes it possible to raise the profitability of sunflower production to 247.9%.

Abstract

Introduction. In the Volgograd region, sunflower is the main oilseed crop and the search for ways to increase its productivity is quite relevant and timely. One of the ways to increase the productivity of sunflower is the selection of new innovative systems for its cultivation. **Object.** The object of research in our experience was three systems for cultivating sunflower hybrids in the subzone of southern chernozem soils of the Volgograd region: 1. Conventional technology + Bell hybrid. 2. Clearfield + EC-Novomis hybrid. 3. System Express Sun + hybrid EU-Arcadia SU. **Materials and methods.** Univari-ate field experience was laid in the Peasant Farm «Tkachenko V. A.» in the Elansky district of the Volgograd region. The bookmark of the experiment and all the necessary observations and studies were carried out according to the method of field experience B.A. Armor. **Results and conclusions.** Observations of the growth and development of sunflower hybrids showed that the influence of the studied factors begins to manifest itself in the earliest phases of development. The highest field germination was obtained from the EU-Novomis hybrid -75.4%, and the lowest at the Bell hybrid -73.0%. By the time the sunflower was harvested, several more plants were preserved on the innovative cultivation systems than on the control. So, if in the control variant there were 31.2 thousand plants per

hectare left for harvesting, then in the Clearfield system 4.5% more were saved. In the Express Sun system, only 2.5% more plants were preserved for harvesting than in the control. In the fight against weeds, the Eurolighting herbicide in the Clearfield system turned out to be more effective. On this option, only 5 weeds were left for harvesting, and on the option with the herbicide Express in the Express Sun system, two more. It should also be noted that Eurolighting better coped with broomrape, stubble gray and chicken millet. The most productive in our experience was the EU-Novomis hybrid. In 2018, he surpassed the Bell hybrid by 12.1%, and the EU-Arcadia SU hybrid by 6.6%. In 2019, his advantage was even greater and amounted to 17.5 and 13.9%, respectively. According to economic indicators, the Clearfield sunflower cultivation system turned out to be the most effective. Both innovative sunflower cultivation systems significantly exceeded the control option in economic indicators. Thus, the Clearfield system exceeded the control by 30.3% and Express Sun by 22.8% in profitability.

Key words - hybrids, innovative technologies, productivity, economic efficiency, cultivation systems.

Citation. Medvedev G.A., Ekaterinicheva N.G., Tkachenko A.V. The efficiency of innovative sunflower cultivation systems in the southern chernozem soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 116-124 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-11.

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

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

УДК 633.11:631.527.32

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Медведев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. Г. Екатериничева, кандидат экономических наук, доцент
А. В. Ткаченко, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 29.07.2020

Дата принятия к печати 31.08.2020

**Исследования проводились в рамках программы аспирантской подготовки
по кафедре Растениеводства, селекции и семеноводства
Волгоградского государственного аграрного университета на бюджетной основе.**

Аннотация. В статье приведены результаты двухлетних наблюдений за ростом и развитием двух гибридов подсолнечника: ЕС-Новомикс и ЕС-Аркадия СУ – в двух инновационных системах возделывания подсолнечника: Clearfield и Express Sun на южных черноземах Волгоградской области. На полевую всхожесть семян и сохранность растений к уборке взятые на изучение системы возделывания подсолнечника существенного влияния не оказали. Разница между вариантами не превышала 2,5 % по полевой всхожести и еще меньше по сохранности растений к уборке. Меньше всего сорняков к моменту уборки подсолнечника оказалось на варианте в системе Clearfield, а больше всего – на контроле. Однако следует отметить, что Евролайтинг в системе Clearfield лучше уничтожает заразику и сорняки из семейства мятликовые, а гербицид Экспресс в системе Express Sun лучше справляется с многолетними сорняками. Из взятых на изучение гибридов наиболее урожайным во все годы был ЕС-Новомикс. В среднем за два года гибрид ЕС-Новомикс в системе Clearfield на фоне отвальной обработки почвы обеспечили получение 2,52 т/га маслосемян, что на 15,0 % больше, чем на контроле и на 10,5 % больше, чем гибрид ЕС-Аркадия СУ в системе Express Sun. Расчеты экономической эффективности показали явное преимущество системы Clearfield. Применение этой системы возделывания подсолнечника в подзоне южных черноземов позволяет поднять рентабельность производства подсолнечника до 247,9 %.

Актуальность. В Волгоградской области подсолнечник – основная масличная культура, и поиск путей повышения его продуктивности задача вполне актуальная и своевременная. Одним из путей повышения продуктивности подсолнечника является подбор новых инновационных систем

его возделывания. **Объект.** Объектом исследования в нашем опыте являлись три системы возделывания гибридов подсолнечника в подзоне южных черноземов Волгоградской области: 1. Обычная технология+ гибрид Белла. 2. Система Clearfield + гибрид ЕС-Новомис. 3. Система Express Sun + гибрид ЕС-Аркадия СУ. **Материалы и методы.** Однофакторный полевой опыт закладывался в КФХ Ткаченко В. А. Еланского района Волгоградской области. Закладка опыта и все необходимые наблюдения и исследования проводились по методике полевого опыта Б. А. Доспехова. **Результаты и выводы.** Наблюдения за ростом и развитием гибридов подсолнечника показали, что влияние изучаемых факторов начинает проявляться в самые ранние фазы развития. Самая высокая полевая всхожесть была получена у гибрида ЕС-Новомис – 75,4 %, а самая низкая у гибрида Белла – 73,0 %. К моменту уборки подсолнечника на инновационных системах возделывания сохранилось несколько больше растений, чем на контроле. Так, если на контрольном варианте к уборке осталось 31,2 тыс. растений на гектаре, то в системе Clearfield сохранилось на 4,5 % больше. В системе Express Sun к уборке сохранилось всего на 2,5% растений больше, чем на контроле. В борьбе с сорняками более эффективным оказался гербицид Евролайтинг в системе Clearfield. На этом варианте к уборке осталось только 5 сорняков, а на варианте с гербицидом Экспресс в системе Express Sun вдвое больше. Следует также отметить, что Евролайтинг лучше справился с зарахой, щетинником сизым и куриным просом. Наиболее урожайным в нашем опыте оказался гибрид ЕС-Новомис. В 2018 году он превзошел гибрид Белла на 12,1 %, а гибрид ЕС-Аркадия СУ – на 6,6 %. В 2019 году его преимущество было еще больше и составило 17,5 и 13,9 % соответственно. По экономическим показателям наиболее эффективной оказалась система возделывания подсолнечника Clearfield. Обе инновационные системы возделывания подсолнечника по экономическим показателям значительно превосходили контрольный вариант. Так, система Clearfield по рентабельности превосходила контроль на 30,3 % и на 22,8 % систему Express Sun.

Ключевые слова: возделывание гибридов подсолнечника, гибриды подсолнечника, инновационные технологии возделывания, урожайность гибридов подсолнечника, экономическая эффективность возделывания подсолнечника, системы возделывания.

Цитирование. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Эффективность инновационных систем возделывания подсолнечника на южных черноземах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 116-124. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-11.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Подсолнечник – основная масличная культура, занимающая в России площадь около 7,5 млн гектаров, что составляет 10-12 % пахотных земель. Эта высокорентабельная культура играет важную роль в экономике хозяйств, в связи с чем закономерен интерес производителей к улучшению приемов возделывания. По объемам производства подсолнечника Волгоградская область занимает четвертое место в Российской Федерации [1]. В благоприятные по погодным условиям годы валовые сборы маслосемян подсолнечника в Волгоградской области достигают 1 млн тонн. В обычные годы валовый сбор снижается до 750-780 тыс. тонн [2, 6]. Средняя урожайность подсолнечника в Волгоградской области в последние годы колеблется от 1,36 до 1,57 т/га. Передовые хозяйства получают по 2,5-2,6 т/га. В то время, как биологический потенциал возделываемых сортов и гибридов составляет 3,5-4,5 т/га [2, 5, 7].

Подсолнечник по своим биологическим особенностям обладает сравнительно высокой конкурентоспособностью по отношению к сорным растениям, и тем не менее, при сильной засоренности посевов урожайность его сильно снижается. Поэтому борьба с сорной растительностью в посевах подсолнечника является одним из важнейших элементов повышения урожайности. Особенно большой вред причиняют сорняки в течение первого месяца вегетации [2, 5, 6].

Анализ литературных источников свидетельствует о неоднозначных выводах о действии различных гербицидов при возделывании подсолнечника. Одни авторы отдают предпочтение почвенным гербицидам [3, 4, 7, 9, 12]. Однако большинство исследователей считает, что для получения чистых посевов подсолнечника необходимо вносить как почвенные гербициды, так и по вегетирующим растениям [8, 10, 11].

В последние годы появилось большое количество новых производственных систем, таких как Clearfield, ExpressSun, которые в разные годы занимают до 25-30 % площади посевов подсолнечника в Волгоградской области. Тем не менее, несмотря на широкое распространение, новые производственные системы еще не прошли тщательной производственной проверки и требуют адаптации к различным почвенно-климатическим условиям Волгоградской области [13, 14].

В связи с этим цель наших исследований – сравнительная оценка двух систем возделывания подсолнечника Express Sun с системой Clearfield в подзоне южных черноземов Волгоградской области.

Материалы и методы. Для решения поставленной задачи в 2018 и 2019 годах закладывался однофакторный полевой опыт по методике Б. А. Доспехова в КФХ Ткаченко В. А. Еланского района Волгоградской области. Опыт включал в себя три варианта: 1. Обычная технология + гибрид Бэлла (контроль). 2. Технология Clearfield + гибрид ЕС-Новамис. 3. Технология Express Sun + гибрид ЕС-Аркадия СУ. Повторность в опыте трехкратная, учетная площадь делянки 120 м².

Технология выращивания подсолнечника ExpressSun и Clearfield – это интегрированное решение, состоящее из послевсходовых гербицидов Евролайтинг и Экспрес соответственно, а также применение гибридов подсолнечника с геном устойчивости к этому гербициду.

Опыт по сравнительной эффективности систем возделывания подсолнечника был заложен на посевах подсолнечника с потенциально высоким уровнем засоренности однолетними и многолетними сорняками. Перед закладкой опыта на 1 м² в среднем насчитывалось 28 сорных растений.

В нашем опыте агротехнические мероприятия были направлены на борьбу с сорняками, а также на сохранение влаги в почве, потому что в данном районе из-за засушливых условий влага является основным лимитирующим фактором. Осенью на опытном участке, предназначенном для посева гибридов подсолнечника, была проведена вспашка. Вспашка осуществлялась при помощи плуга ПСКУ-5-60 отвальным методом на глубине 0,25 м.

Рано весной, по мере поспевания почвы, была произведена предпосевная обработка. После того как почва была готова к работе, провели покровное боронование для того, чтобы закрыть влагу и частично выровнять поверхность почвы.

Также были произведены две культивации при помощи КПУ-8. Первую культивацию провели на глубину около 0,08-0,1 м, а предпосевную культивацию – на 0,06-0,08 м. Посев проводился в 2018 году 15 мая, а в 2019 году 18 мая при помощи сеялки точного высева МС-8. Глубина посева семян около 0,06 м. Норма высева гибридов 50 тыс. всхожих семян на гектар.

В фазе трех пар листьев произвели обработку препаратом Евролайтинг на одном варианте, и Экспресс – на другом. Обработка проводилась при помощи опрыскивателя марки ОП-2000, расход рабочей жидкости составил 150 л/га, обработка проводилась рано утром в безветренную погоду. За весь период вегетации поражения болезнями гибрида подсолнечника не наблюдалось. Уборка была произведена в третьей декаде сентября при помощи комбайна Добрыня 1500.

Результаты и обсуждение. Наблюдения за ростом и развитием гибридов показывают, что различия по вариантам опыта начинают проявляться уже на самых ранних фазах развития (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние изучаемых факторов на полевую всхожесть гибридов подсолнечника
(в среднем за 2018-2019гг.)

Table 1 –The influence of the studied factors on the field germination of sunflower hybrids
(average for 2018-2019)

Инновационная система / Innovative system	Получено всходов, тыс/га / Seedlings received, thousand / ha	Полевая всхожесть, %/ Field germination, %	Растений перед уборкой, тыс/га/ Plants before harvesting, thousand / ha	Выживаемость, % / Survival rate, %
Контроль / The control	36,5	73,0	31,2	85,5
Clearfield	37,7	75,4	32,6	86,4
Express Sun	37,1	74,2	32,0	86,2

Анализ данных таблицы 1 показывает, что полнота всходов в годы наблюдений была не очень высокой. Объясняется это прохладной и затяжной весной, особенно в 2018 году. Вследствие этого в среднем за два года наблюдений полевая всхожесть по вариантам опыта не превышала 75,4 %. Самая низкая полевая всхожесть была получена на контроле – 73,0 %, что 2,4 % меньше, чем в системе Clearfield и на 1,2 % меньше, чем в системе Express Sun. К моменту уборки подсолнечника на инновационных системах возделывания сохранилось несколько больше растений, чем на контроле. Так, если на контрольном варианте к уборке осталось 31,2 тыс. растений на гектаре, то в системе Clearfield сохранилось на 4,5 % больше. В системе Express Sun к уборке сохранилось всего на 2,5 % растений больше, чем на контроле. Что касается общей выживаемости растений, то сохранилась та же закономерность, но разница между вариантами была небольшая – всего 1,1-0,8 %. Поскольку на продуктивность гибридов подсолнечника существенное влияние оказывают сорняки, то мы учитывали и этот показатель. Учет сорной растительности мы проводили в начале вегетации (фаза всходов) и перед уборкой. Но поскольку до внесения гербицидов численность сорняков на всех вариантах была практически одинаковой, то в таблице 2 приведены только конечные результаты засоренности по годам наблюдений.

Таблица 2 – Численность и видовой состав сорняков в посевах подсолнечника
в зависимости от применяемых гербицидов

Table 2 – The number and species composition of weeds in sunflower crops, depending
on the herbicides used.

Видовой состав сорняков \ Species composition weed	Количество сорняков, шт/м ² / The number of weeds, pcs / m ²					
	2018 год/ year			2019 год/ year		
	1	2	3	1	2	3
Щирица запрокинутая / Shiritsa thrown back	4	1	1	6	2	3
Куриное просо / Chicken millet	6	-	2	4	1	3
Вьюнок полевой / Field bindweed	3	1	-	5	2	-
Осот полевой / Sow Thistle	2	2	-	3	2	-
Заразиха подсолнечниковая / Sunflower infection	5	-	3	6	-	4
Щетинник сизый / Gray bristles	2	-	2	3	1	2
Пырей ползучий / Wheat grass creeping	3	1	2	4	2	3
Всего / Total	25	5	10	31	10	13

Примечание. 1. Контроль без обработки гербицидами, 2. Гербицид Евролайтинг. 3. Гербицид Экспресс.

Анализируя данные таблицы 2, можно сделать выводы, что в посевах подсолнечника в основном преобладали однолетние сорняки. Из корнеотпрысковых многолетников присутствовали только осот полевой и вьюнок полевой. В 2018 году в борьбе с сорняками более эффективным оказался гербицид Евролайтинг. На этом варианте к уборке осталось только 5 сорняков, а на варианте с гербицидом Экспресс в двое больше. Следует также отметить, что Евролайтинг лучше справился с заразой, щетинником сизым и куриным просом, в то время как гербицид Экспресс лучше справляется с многолетними сорняками. Он полностью уничтожил осот полевой и вьюнок полевой.

В 2019 году общее количество сорняков было несколько больше, чем в предыдущем. Необходимо отметить, что в 2019 году эффективность гербицидов оказалась несколько ниже, чем в 2018 году. Так, гербицид Евролайтинг полностью справился лишь с заразой, а гербицид Экспресс – с осотом полевым и вьюнком полевым, но по общему количеству уничтоженных сорняков все же лучшим был Евролайтинг. Все это, естественно, отразилось и на урожайности испытываемых гибридов подсолнечника (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние изучаемых факторов на урожайность гибридов подсолнечника

Table 3 – The influence of the studied factors on the productivity of sunflower hybrids

Вариант / Variant	Урожайность, т/га / Yield, t / ha		Прибавка к контролю, %/ Add to control, %	
	2018 год / year	2019 год / year	2018 год / year	2019 год / year
Контроль + Белла / The control + Bella	2,14	2,23	-	-
Clearfield + ЕС-Новамис / Clearfield + EC-Novamis	2,41	2,62	12,1	17,5
Express Sun + ЕС- Аркадия СУ / Express Sun + EU- Arcadia SU	2,26	2,30	5,6	3,1

НСР₀₅ 0,11 0,0,5

Анализируя урожайные данные, можно отметить, что все гибриды имели наивысшую урожайность в 2019 году. Наиболее урожайным оказался гибрид ЕС-Новомис. В 2018 году он превзошел гибрид Белла на 12,1 %, а гибрид ЕС-Аркадия СУ – на 6,6 %. В 2019 году на его преимущество было еще больше и составило 17,5 и 13,9 % соответственно.

Поскольку затраты на применение изучаемых систем были различными, то необходимо было посчитать экономические показатели (таблица 4).

Таблица 4 – Эффективность возделывания подсолнечника по инновационным технологиям (в среднем за 2018-2019 гг.)

Table 4 – Efficiency of sunflower cultivation by innovative technologies (average for 2018-2019)

Инновационная система / Innovative system	Урожайность, т/га / Yield, t / ha	Стоимость валовой продукции, руб./га / Gross production value, rub / ha	Производственные издержки, руб./га / Production property costs rub / ha	Себестоимость 1 т, руб / Cost of 1 t rub	Расчетная прибыль, руб./т / Estimated Profit rub / t	Уровень рентабельности, % / Level profitability %
Контроль / The control	2,19	30660	9653	4408	9592	217,6
Clearfield	2,52	35280	10140	4024	9976	247,9
Express Sun	2,28	31920	9820	4307	9693	225,1

Данные таблицы 4 показывают, что все экономические показатели были значительно лучше в системе возделывания подсолнечника Clearfield. При возделывании подсолнечника по этой системе получена самая большая урожайность и расчетная прибыль, самая низкая себестоимость семян и самая высокая рентабельность производства. Обе инновационные системы возделывания подсолнечника по экономическим показателям значительно превосходили контрольный вариант. Так, система Clearfield по рентабельности превосходила контроль на 30,3 % и на 22,8 % систему Express Sun.

Выводы. На основании двухлетних наблюдений можно заключить, что в подзоне южных черноземов необходимо шире внедрять в производство инновационную систему возделывания подсолнечника Clearfield. Это позволит повысить рентабельность производства подсолнечника до 247,9 %.

Библиографический список

1. Гринько А. В. Эффективный гербицид для защиты подсолнечника // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1 (65). С. 159-164.
2. Гришичкин А. Н. Способы основной обработки почвы и эффективность применения гербицидов при выращивании подсолнечника в Нижнем Поволжье // Аграрный вестник Урала. 2013. № 8 (100). С. 6-7.
3. Егорова Г. С., Тивилев А. В. Качественные показатели маслосемян и урожайность гибрида подсолнечника Гарант в зависимости от способов основной обработки почвы и регуляторов роста растений на черноземах Волгоградской области // Известия Нижне-Волжского агроунив. комплекса: наука и высш. образование. 2013. № 1. С. 41-45.
4. Лукомец В. М., Кривошлыков К. М. Состояние и перспективы формирования устойчивости сырьевого сектора масложировой индустрии России // Масложировая промышленность. 2015. № 1. С. 11-16.
5. Малай Н. Ф. Гербициды на посевах подсолнечника // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2001. № 9. С. 64-66.
6. Плескачев Ю. Н., Холод А. А., Шиянов К. В. Полевые севообороты, обработка почвы и борьба с сорной растительностью в Нижнем Поволжье. М.: Изд-во «Вестник РАСХН», 2012. 357 с.
7. Результаты и перспективы внедрения иностранных гибридов подсолнечника в Российской Федерации / В. А. Лукомец, А. Д. Бочковой, В. И. Хатнянский, К. М. Кривошлыков // Масличные культуры. Научн.-тех. Бюл. ВНИИМК. 2015. Вып.3 (163). С. 3-9.
8. Солоденко А. Е., Фаїт В. І. Маркери гена ANASI для викоростання в селекції соняшника на стійкість до гербіцидів // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. 2015. Вып. 3 (36). С. 71-75.
9. Столяров О. В., Колодяжный С. В. Реакция гибридов подсолнечника на различные нормы высева и применение гербицидов при разных способах обработки почвы в южной лесостепи ЦЧР // Вестник Воронежского ГАУ. 2015. №3 (945). С. 30-36.
10. Тишков Н. М. Засоренность посевов масличных культур при различных способах основной обработки почвы в севообороте // Масличные культуры: науч.-тех.бюлл. ВНИИМК. 2012. Вып.1 (150). С. 100-106.
11. Тишков Н. М., Тилька В. А., Шкарупа М. В. Влияние густоты стояния растений на продуктивность крупноплодного подсолнечника // Масличные культуры: науч.-тех.бюлл. ВНИИМК. 2018. Вып.2 (174). С. 41-46.
12. Урожайность и качество семян подсолнечника в зависимости от элементов адаптивной технологии возделывания / А. С. Бушнев, С. П. Подлесный, А. Б. Хатит, В. И. Ветер // Масличные культуры. Научн.-тех. Бюл. ВНИИМК. 2017. Вып. 4 (172). С. 61-71.
13. Pimtner D., Burgese M. Soil Erosion Threatens Food Production // Agriculture. 2013. № 3. P. 443-463.
14. Vezzani F. M., Bearel M. H. The importance of plants to development and maintenance of soil structure, mikrobialcommunities and ecosystem functions // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 175. P. 139-149.

Conclusion. Based on two-year observations, it can be concluded that in the southern black soil subzone, it is necessary to introduce the innovative Clearfield sunflower cultivation system more widely into production. This will increase the profitability of sunflower production to 247.9%.

References

1. Grinko V. A. Effective herbicide for protection of sunflower // Ways of improving the efficiency of irrigated agriculture. 2017. No. 1 (65). Pp. 159-164.
2. Grishichkin A. N. Methods of basic tillage and effectiveness of herbicides in sunflower cultivation in the Lower Volga region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 8 (100). Pp. 6-7.
3. Egorova G. S., Tivilev A. V. Kachkstvennyye indicators of oilseeds and productivity of sunflower hybrid Garant depending on the methods of basic soil treatment and plant growth regulators in the black soil of the Volgograd region // Izvestiya Nizhne-Volzhsky agrouniv. Complex: science and technology. Education. 2013. No. 1. Pp. 41-45.
4. Lukomets V. M., Krivoslyukov K. M. State and prospects of formation of stability of the raw material sector of the oil and fat industry in Russia // Oil and Fat industry. 2015. No. 1. Pp. 11-16.
5. Malay N. F. Herbicides on sunflower crops // Proceedings of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural science. 2001. No. 9. Pp. 64-66.
6. Pleskachev Yu. N., Kholod A. A., Shiyanov K. V. Field crop rotations, soil treatment and weed control in the Lower Volga region. M.: Publishing house "Herald of agricultural Sciences", 2012. 357 p.
7. Results and prospects of introduction of foreign sunflower hybrids in the Russian Federation / V. A. Lukomets, A. D. Bochkova, V. I. Khatnyansky, K. M. Krivoslyukov // Oilseeds. Scientific. tech. Byul. VNIIMK. 2015. Vol. 3 (163). Pp. 3-9.
8. Solodenko A. E., Fait V. I. Marker of the ANASI gene for vikorostannya in selektsii sonyashnika on stiykist to herbicidiv // Bicnik of the Kharkiv national agrarian University. Seria Biologia. 2015. Vol. 3 (36). Pp. 71-75.
9. Stolyarov O. V., Kolodyazhny S. V. Reaction of sunflower hybrids to different seeding rates and application of herbicides in different methods of soil treatment in the southern forest-steppe of the Central district // Bulletin of the Voronezh state agrarian UNIVERSITY. 2015. No. 3 (945). Pp. 30-36.
10. Tishkov N. M. Weed infestation of crops of oilseed crops under different methods of primary tillage in crop rotation // Oilseeds: scientific.-tech. buell. VNIIMK. 2012. Vol. 1 (150). Pp. 100-106.
11. Tishkov N. M., Tilka V. A., Shkarupa M. V. Influence of plant standing density on productivity of large-fruited sunflower // Oilseeds: scientific.-tech. buell. VNIIMK. 2018. Vol. 2 (174). Pp. 41-46.
12. Yield and quality of sunflower seeds depending on the elements of adaptive cultivation technology / A. S. Bushnev, S. P. Podlesny, A. B. Khatit, V. I. Veter // Oilseeds. Scientific.-tech. Byul. VNIIMK. 2017. Vol. 4 (172). Pp. 61-71.
13. Pimtner D., Burgese M. Soil Erosion Threatens Food Production // Agriculture. 2013. № 3. P. 443-463.
14. Vezzani F. M., Bearel M. H. The importance of plants to development and maintenance of soil structure, mikrobiocommunities and ecosystem functions // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 175. P. 139-149.

Author Information

Gennady A. Medvedev, Professor of the Department of crop Production, selection and seed production of the Volgograd state agrarian University. (Russian Federation. 26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002.) doctor of agricultural Sciences, Professor.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>.
E-mail - medvedevga@ya.ru.

Natalia G. Ekaterinicheva, associate Professor of the Department of Philosophy, political science and law of the Volgograd state agrarian University (26, Universitetskiy PR., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of economic Sciences, associate Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>

Anatoly V. Tkachenko, post-graduate student of the Department of crop Production, selection and seed production of the Volgograd state agrarian University. (Russian Federation. 26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002.)

Информация об авторах

Медведев Геннадий Андреевич, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ. 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>.

E-mail- medvedevga@ya.ru.

Екатери́ничева Наталья Геннадьевна, доцент кафедры «Философия, политология и право» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат экономических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>.

Ткаченко Анатолий Владимирович, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-12

ASSESSMENT OF THE AFTEREFFECT OF THE USE OF BIOLOGICS ON THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF APPLE SEEDLINGS

A. A. Mushinskiy¹, S. D. Fomin², O. E. Merezko¹, E.V. Aminova¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Orenburg Experimental Station of Horticulture and Viticulture of the All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery», Orenburg, Russia*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

Received 15.06.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

One of the real ways to reduce the negative impact on agrocenoses is the use of plant growth bioregulators. Using growth regulators, you can speed up the process of rooting cuttings during propagation of fruit and ornamental crops.

Abstract

Introduction. One of the main tasks of crop production is to reduce the negative impact of biotic and abiotic factors on cultivated plants through the use of biostimulants. **Object.** Apple varieties (Spartak, Taganay, Kuibyshevskoe, Podarok Orenburjya, Pamyat Voinu, Isetskoe Pozdnee, Persianka), grafted onto the stock 54-118, and preparations («Samorod» and «Mival-Agro»). The studies were carried out in 2017-2019 on the basis of the Federal State Budget Scientific Institution «Orenburg Experimental Station of Horticulture and Viticulture of the All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery» under controlled conditions. **Materials and methods.** For the experiment, the following drugs were used: «Mival-Agro» (manufactured by «AgroSil» LLC) and Samorod biofertilizer (manufactured by «KompleSu» LLC). The control option was «water». The study drugs were used three times: 1st treatment in phase of the 5th true leaf, 2nd and 3rd treatments after 10 days. The concentration of solutions was determined according to the instructions for them: «Mival-Agro» - 0.02 g / l and «Samorod» - 200 ml / l. Accounts of the development of seedlings. The experiments were carried out after each treatment. The experiments were repeated four times, 10 plants in each repetition. Air temperature in the greenhouse was 24-27 °C, soil -16-17 °C, air humidity 82 ± 3%. The study was carried out in accordance with generally accepted methods. the processing of experimental data was carried out by the method of analysis of variance. **Results and conclusions.** The effect of drugs «Samorod» and «Mival-Agro» on the growth and development of seedlings of autumn and winter varieties of apple trees was studied. The product with «Samorod» treatment of apple tree seedlings exceeded the control in shoot growth by 74.0 % (variety Kuibyshevskoe), 60.0 % (variety Spartak) and 54.0 % (variety Podarok Orenburjya). According to the results of the study, it was found that the greatest increase to the control was observed when using «Samorod», the number of leaves and leaf surface area exceeded the control by 66.0 % and 93.0 % (variety Podarok Orenburjya); 84.0 % and 111.0% (variety Taganay), respectively. The smallest increase to the control was observed after the

treatment with Mival-Agro in the average height of the seedling (29.0 % in the Pamyat Voinu variety), in the number of leaves and leaf area (25.0% and 40.0 % in the Spartak variety), respectively. Presumably, the role of the preparations was to supply apple seedlings with readily available forms of nutrients in the initial period of development. The data obtained indicate that it is advisable to use «Samorod» as a stimulator of the growth and development of apple plants.

Key words: apple tree, cultivar, biological product, Mival-Agro, Samorod, growth, number of leaves.

Citation. Mushinskiy A.A., Fomin S.D., Merezhko O.E., Aminova E.V. Assessment of the aftereffect of the use of biologics on the morphometric parameters of apple seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 124-133 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-12.

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

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

УДК 634.1.03

ОЦЕНКА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ

А. А. Мушинский¹, доктор сельскохозяйственных наук

С. Д. Фомин², доктор технических наук

О. Е. Мережко¹, кандидат биологических наук

Е. В. Аминова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства ВСТИСП, г. Оренбург

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 15.06.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Одной из главных задач растениеводства является сокращение отрицательного влияния биотических и абиотических факторов на культурные растения за счёт применения биостимуляторов. **Объект.** Сорта яблони (Спартак, Таганай, Куйбышевское, Подарок Оренбуржью, Память Воину, Исетское Позднее, Персиянка), привитые на подвое 54-118, и препараты («Самород» и «Мивал-Агро»). Исследования проведены в 2017-2019 гг. на базе ФГБНУ «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства» в контролируемых условиях. **Материалы и методы.** Для проведения опыта использовали следующие препараты: «Мивал-Агро» (производитель ООО «АгроСил») и «Самород» биоудобрение (производитель ООО «КомплеСу. В качестве контроля выступал вариант – «вода». Применение исследуемых препаратов трехкратное: 1-я обработка в фазе 5-го настоящего листа, 2 и 3-я обработки через 10 дней. Концентрацию растворов определяли по инструкции к ним: «Мивал-Агро» – 0,02 г/л и «Самород» – 200 мл/л. Учеты развития саженцев проводили после каждой обработки. Повторность опытов четырехкратная, по 10 растений в каждом повторении. Температура воздуха в теплице +24-27 °С, почвы – +16-17 °С, влажность воздуха – 82 ± 3 %. Исследование проходило в соответствии с общепринятыми методиками. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа. **Результаты и выводы.** Проведено изучение влияния препаратов «Самород» и «Мивал-Агро» на рост и развитие саженцев осенних и зимних сортов яблони. В процессе вегетационного эксперимента выявлено, что вариант с обработкой «Самород» саженцев яблони максимально превысил контроль по приросту побегов на 74,0 % (сорт Куйбышевское), 60,0 % (сорт Спартак) и 54,0 % (сорт Подарок Оренбуржью). По результатам исследования установлено, что наибольшая прибавка к контролю отмечена при использовании «Самород», количество листьев и площадь листовой поверхности превышали контроль на 66,0 % и 93,0 % (сорт Подарок Оренбуржью); 84,0 % и 111,0 % (сорт Таганай), со-

ответственно. Наименьшая прибавка к контролю отмечена при обработке препаратом «Мивал-Агро» по средней высоте саженца (29,0 % у сорта Память Воину), по количеству листьев и площади листовой поверхности (25,0 % и 40,0 % у сорта Спартак), соответственно. Предположительно, роль препаратов сводилась к снабжению саженцев яблони легкодоступными формами питательных веществ в начальный период развития. Полученные данные свидетельствуют о том, что «Самород» целесообразно применять в качестве стимулятора роста и развития растений яблони.

Ключевые слова: яблоня, сорта яблони, саженцы яблони, биопрепараты, Мивал-Агро, Самород, зимние сорта яблони, стимуляторы роста яблони.

Цитирование. Мушинский А. А., Фомин С. Д., Мережко О. Е., Аминова Е. В. Оценка последствий применения биопрепаратов на морфометрические параметры саженцев яблони. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 124-133. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современный уровень развития сельского хозяйства вызывает необходимость дальнейшей интенсификации в садоводстве [4, 12]. Чрезмерное внесение неорганических и органических удобрений для получения высоких урожаев и максимального прироста небезопасно для здоровья человека и окружающей среды [10]. Экологизация сельскохозяйственного производства требует минимизировать негативное воздействие на агроэкосистемы химических веществ, используемых в разных целях в производстве продуктов питания [3, 5]. Одной из важнейших задач снижения отрицательного влияния на биоты – это применение биорегуляторов роста растений [6, 8, 11]. Из научных публикаций известно, что регуляторы роста ускоряют процесс укоренения черенков при размножении плодовых и декоративных культур [2, 7]. В то же время весьма важной является концепция модификации адаптивного потенциала разных генотипов под воздействием биостимуляторов роста растений, что и явилось одной из задач данного исследования. Мировой опыт учёных свидетельствует о том, что при применении биологически активных препаратов можно повысить выход и улучшить качество саженцев. На сегодняшний день заслуживают внимания препараты нового поколения, которые признаны экологически безопасными и обладают широким спектром биологического действия, а также характеризуются своими адаптогенными и антиоксидантными свойствами. При этом регуляторы роста различаются значительной эффективностью и лёгкостью в использовании, стимулируют процессы жизнедеятельности растений, повышают продуктивность, улучшают качество сельскохозяйственной продукции, укрепляют защитные свойства растений и тем самым повышают их устойчивость к абиотическим и биотическим условиям среды. Особый интерес вызывает изучение вопроса эколого-физиологического аспекта влияния фолиарной обработки биоорганических препаратов на рост и развитие конкурентоспособной продукции растениеводства в контролируемых условиях защищенного грунта.

Фолиарная обработка микроэлементами известна еще с прошлого века. Как свидетельствуют литературные источники, питательные компоненты адсорбируются листовой поверхностью и перераспределяются в растении [6]. Исследователями выявлено, что при попадании питательного раствора на лист микроэлементы используются растениями на 95 %, а при внесении его в почву эффективность применения составляет около 10 % [1].

Таким образом, данный метод позволит минимизировать потери действующих веществ биопрепаратов, так как при корневой подкормке большинство питательных элементов связываются с почвенно-поглощающим комплексом и становятся недоступными для растений.

Объект исследования. Исследования проводились на территории ФГБНУ ООС-СиВ ВСТИСП в закрытом грунте, в контролируемых условиях. Объекты исследования: сорта яблони (Спартак, Таганай, Куйбышевское, Подарок Оренбуржью, Память Воину, Исетское Позднее, Персиянка), привитые на подвое 54-118, и препараты («Самород» и «Мивал-Агро»).

Материалы и методы. После проведения зимней прививки и стратификации саженцы яблони высаживали с 19 по 24 января 2017-2019 гг. в специальные контейнеры из ПВХ, 100 мк, длиной 24 см, шириной 19 см, площадью питания 54 см². В исследовании использовали следующие биопрепараты: «Мивал-Агро» (производитель ООО «Агро-Сил») – комплексный препарат, в состав которого входят: триэтаноламмиевая соль, орто-крезоксисукусная кислота – 760 г/кг, хлорметилсилатран – 190 г/кг; «Самород» биоудобрение (производитель ООО «КомплеСу»), продукт биотехнической переработки навоза крупного рогатого скота, содержит: азот – 2,5 %, фосфора – 0,77 %, калий – 0,58 %, а также другие макро- и микроэлементы. В качестве контроля выступал вариант – «вода».

Применение исследуемых препаратов трехкратное: 1-я обработка в фазе 5-го настоящего листа, 2 и 3-я обработки через 10 дней. Концентрацию растворов определяли по инструкции к ним: «Мивал-Агро» – 0,02 г/л и «Самород» – 200 мл/л. Учеты развития саженцев проводили после каждой обработки. Повторность опытов четырехкратная, по 10 растений в каждом повторении. Температура воздуха в теплице +24-27 °С, почвы – +16-17 °С, влажность воздуха – 82 ± 3 %.

Исследование проходило в соответствии с общепринятыми методиками (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999). Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа (по Доспехову Б.А.).

Результаты и обсуждение. Эффективность foliarной подкормки неодинакова для разных видов растений. Наибольшая эффективность foliarных обработок отмечается для плодовых деревьев [9]. В своих исследованиях E.G. Fisher (1955) и Q. L. Zhang (1999) установили, что интенсивная адсорбция микроэлементов наблюдается у молодых листьев.

Средняя высота саженцев яблони осеннего срока созревания в варианте «Мивал-Агро» составила от 30,5 см (сорт Спартак) до 34,6 см (сорт Куйбышевское). Анализ данных таблицы 1 указывает на то, что обработанные варианты превышали контроль на 40,5 % и 53,1 %, соответственно.

В вариантах опыта с применением биоудобрения «Самород» наблюдается существенное превышение контрольного значения: средняя длина саженцев сорта Куйбышевское 38,0 см, что на 64,6 % выше контрольного варианта и является самым высоким показателем средней длины прироста в опыте. Показатели средней длины саженцев сорта Таганай выше контрольного значения на 58,2 %. В то же время средняя длина прироста саженцев сорта Спартак равна 34,6 см, что выше контроля на 59,4 %.

В результате проведенных исследований на зимних сортах яблони было выявлено, что средняя высота саженца у сорта Исетское позднее варьировала от 21,0 см (контроль) до 34,7 см «Самород». Обработанные варианты превышали контрольный на 26,7 % («Мивал-Агро»), на 39,0 % («Самород»), при этом разница между обработками «Самород» и «Мивал-Агро» составляет 4,3 см.

Таблица 1 – Влияние стимуляторов на рост саженцев яблони, в среднем за 2017-2019 гг.

Table 1 – The effect of stimulants on the growth of apple seedlings, on average for 2017-2019

Варианты опыта / Experience options	Средняя высота саженца, см / The average height of the seedling	HCP ₀₅
Сорта осеннего срока созревания / Varieties of autumn maturation period		
Спартак / Spartak		
вода (к) /water (K)	21,7±2,9	5,76
«Самород» / «Samorod»	34,6±4,9	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	30,5±3,5	
Таганай / Taganay		
вода (к) /water (K)	23,1±4,8	5,45
«Самород»/ «Samorod»	36,2±5,0	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	32,0±5,4	
Куйбышевское / Kuibyshevskoe		
вода (к) /water (K)	21,9±6,5	6,0
«Самород» / «Samorod»	38,0±2,3	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	34,6±4,3	
Сорта зимнего срока созревания / Varieties of winter maturation period		
Исетское Позднее / Isetskoe Pozdnee		
вода (к) / water (K)	21,0±5,0	5,69
«Самород» / «Samorod»	34,7±6,9	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	30,4±5,9	
Подарок Оренбуржью / Podarok Orenburjya		
вода (к) /water (K)	26,1±4,7	6,11
«Самород»/ «Samorod»	40,0±2,0	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	38,3±3,8	
Память Воину / Pamyat Voinu		
вода (к) /water (K)	24,0±6,0	5,8
«Самород» / «Samorod»	35,1±4,1	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	30,8±8,0	
Персиянка / Persianka		
вода (к) / water (K)	25,0±6,0	6,04
«Самород» / «Samorod»	37,8±6,3	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	33,7±5,5	

Из данной таблицы видно, что максимальный показатель высоты саженца отмечен у сорта Подарок Оренбуржью при обработке препаратом «Самород» – 40,0 см. Средняя высота саженца у обработанных вариантов увеличилась по сравнению с контролем на 44,7 % («Мивал-Агро») и на 55,5 % («Самород»).

При исследовании сортов Память Воину и Персиянка максимальная величина высоты саженцев отмечена при обработке препаратом «Самород», 35,1 см и 37,8 см, соответственно. Наименее позитивное влияние оказал биопрепарат «Мивал-Агро», под действием которого высота растений составила 30,8 см (Память воину) и 33,7 см (Персиянка).

Таким образом, можно отметить, что опрыскивание вегетирующих растений биопрепаратами положительно сказывается на приросте саженцев яблони.

В проведенном эксперименте, кроме измерения прироста саженцев, также учитывали количество листьев и площадь листовой поверхности.

Изучение влияния различных препаратов на количество листьев (таблица 2) выявило, что при обработке препаратом «Самород» наблюдалось наибольшее количество листьев у сортов Куйбышевское (16,4 шт.) и Подарок Оренбуржью (18,2 шт.). При ис-

следовании яблони сорта Спартак среднее количество листьев варьировало от 9,2 до 15,6 шт. Немаловажно отметить и то, что обработанные варианты превышали контроль – препаратом «Мивал-Агро» на 25,0 %, «Самород» на 69,6 %, при этом разница между обработками составляет 4,1 см.

Таблица 2 – Влияние препаратов «Мивал-Агро» и «Самород» на количество листьев у саженцев сортов яблони осеннего и зимнего срока созревания, в среднем за 2017-2019 гг

Table 2 – The effect of «Mival-Agro» and «Samorod» preparations on the number of leaves in seedlings of apple varieties of autumn and winter ripening, on average for 2017-2019

Варианты опыта / Experience options	Среднее количество листьев, шт. / Average number of leaves, pcs.	HCP ₀₅
Сорта осеннего срока созревания / Varieties of autumn maturation period		
Спартак / Spartak		
вода (к) / water (K)	9,2±3,4	3,62
«Самород» / «Samorod»	15,6±3,0	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	11,5±3,9	
Таганай / Taganay		
вода (к) / water (K)	8,6±3,2	3,71
«Самород» / «Samorod»	15,8±4,3	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	11,6±3,9	
Куйбышевское / Kuibyshevskoe		
вода (к) / water (K)	9,6±3,9	3,95
«Самород» / «Samorod»	16,4±4,3	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	15,0±4,3	
Сорта зимнего срока созревания / Varieties of winter maturation period		
Исетское Позднее / Isetskoe Pozdnee		
вода (к) / water (K)	7,0±1,2	3,3
«Самород» / «Samorod»	15,1±2,1	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	12,0±4,0	
Подарок Оренбуржью / Podarok Orenburjya		
вода (к) / water (K)	11,0±6,5	4,06
«Самород» / «Samorod»	18,2±4,9	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	16,5±7,0	
Память Воину / Pamyat Voinu		
вода (к) / water (K)	7,9±3,6	3,53
«Самород» / «Samorod»	15,2±2,6	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	10,8±2,3	
Персиянка / Persianka		
вода (к) / water (K)	10,0±2,8	3,73
«Самород» / «Samorod»	15,8±3,9	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	11,6±3,4	

При исследовании яблони сорта Таганай также обнаружена существенная стимуляция, то есть обработанные варианты превышали контроль на 34,9 % («Мивал-Агро») и 83,7 % («Самород»). Разница между обработками составляет 4,2 шт.

Так, среднее количество листьев у сортов зимнего срока созревания варьировало от 7,0 шт. до 18,2 шт. Наибольшая прибавка к контролю составила в варианте с обработкой «Самород» у сорта Подарок Оренбуржью 65,4 % и Персиянка 58,0 %. По дан-

ным таблицы, наименьшая прибавка наблюдалась при использовании препарата «Мивал-Агро» у сортов Память Воину (36,7 %) и Персиянка (16,0 %). Табличные данные свидетельствуют, что различия между вариантами существенны.

По площади листовой поверхности саженцев у яблони осеннего срока созревания наибольший эффект получен при обработке препаратом «Самород» сорта Таганай (866,8 см²), а среди сортов зимнего срока созревания – Подарок Оренбуржью (921,8 см²) (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние препаратов «Мивал-Агро» и «Самород»
на площадь листовой поверхности саженца, в среднем за 2017-2019 гг.

Table 3 – The effect of «Mival-Agro» and «Samorod» preparations on the leaf surface area
of the seedling, on average for 2017-2019

Варианты опыта / Experience options	Площадь листовой поверхности саженца, см ² / Leaf surface area of the seedling, cm ²	НСР ₀₅
Сорта осеннего срока созревания / Varieties of autumn maturation period		
Спартак / Spartak		
вода (к) /water (K)	440,7 ±3,3	25,38
«Самород» / «Samorod»	842,4 ±5,9	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	615,3 ±7,8	
Таганай / Taganay		
вода (к) / water (K)	412,3 ±5,3	25,87
«Самород» / «Samorod»	866,8 ±6,1	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	623,2 ±5,6	
Куйбышевское / Kuibyshevskoe		
вода (к) / water (K)	463,0 ±4,0	28,70
«Самород» / «Samorod»	883,0 ±5,2	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	813,6 ±3,1	
Сорта зимнего срока созревания / Varieties of winter maturation period		
Исетское Позднее / Isetskoe Pozdnee		
вода (к) / water (K)	313,7 ±6,2	24,9
«Самород» / «Samorod»	775,4 ±5,9	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	606,3 ±6,2	
Подарок Оренбуржью / Podarok Orenburjya		
вода (к) /water (K)	479,6 ±6,4	29,45
«Самород»/ «Samorod»	921,8 ±7,9	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	855,9 ±4,6	
Память Воину / Pamyat Voinu		
вода (к) / water (K)	373,1 ±4,1	24,87
«Самород» / «Samorod»	768,9 ±6,0	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	523,8 ±5,7	
Персиянка / Persianka		
вода (к) / water (K)	434,7 ±4,0	25,87
«Самород» / «Samorod»	851,6 ±4,7	
«Мивал-Агро» / «Mival-Agro»	617,1 ±4,3	

Полученные данные свидетельствуют о том, что вариант с обработкой препаратом «Самород» превысил контроль по всем сортам почти в 2 раза, а вариант с применением препарата «Мивал-Агро» увеличил площадь листовой поверхности по сравнению с контролем на 41,0-78,0 %.

Таким образом, обнаружена существенная стимуляция площади листовой поверхности саженцев по сравнению с контролем. Однако следует подчеркнуть, что разница между обработками препаратами «Самород» и «Мивал-Агро» у сортов осеннего срока созревания варьирует от 69,4 см² (сорт Куйбышевское) до 243,6 см² (сорт Таганай), а среди зимних сортов яблони - от 65,9 см² (Подарок Оренбуржью) до 245,1 см² (Память Воину).

Выводы. Результаты вегетационного эксперимента показали, что обработка саженцев препаратами «Самород» и «Мивал-Агро» в целом улучшала ростовые параметры яблони. Полученные данные свидетельствуют о том, что вариант с обработкой препаратом «Самород» превысил контроль по всем сортам почти в 2 раза, а вариант с применением препарата «Мивал-Агро» увеличил площадь листовой поверхности по сравнению с контролем на 41,0-78,0 %. Обнаружена существенная стимуляция площади листовой поверхности саженцев по сравнению с контролем. Однако следует подчеркнуть, что разница между обработками препаратами «Самород» и «Мивал-Агро» у сортов осеннего срока созревания варьирует от 69,4 см² (сорт Куйбышевское) до 243,6 см² (сорт Таганай), а среди зимних сортов яблони – от 65,9 см² (Подарок Оренбуржью) до 245,1 см² (Память Воину). Установлено, что при обработке саженцев осенних и зимних сортов яблони препаратом «Самород» отмечены максимальные показатели средней высоты 37,8 и 40,0 см, количество листьев 16,4 и 18,2 шт. и площади листовой поверхности 883,0 и 921,8 см² у сортов Куйбышевское и Подарок Оренбуржью.

Обобщая полученные результаты по биологической активности препаратов в отношении растений яблони, делаем вывод о необходимости проведения исследований в направлении поиска стимуляторов роста, способствующих улучшению качества продукции и высокой продуктивности.

Библиографический список

1. Боровик Р. А., Большеева Т. Н. Использование фолиарных подкормок при выращивании декоративных деревьев и кустарников // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 3. С. 45-55.
2. Выращивание адаптированного посадочного материала для закладки садов в условиях Оренбургской области / Е. А. Иванова, Г. Р. Мурсалимова, З. А. Авдеева [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 55. С. 81-84.
3. Мережко О. Е. Влияние окружающей среды на здоровье человека // Экология и безопасность жизнедеятельности. 2012. № 1. С. 83-88.
4. Мурсалимова Г. Р. Интродукция генофонда клоновых подвоев и его использование при модернизации сортимента Приуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 6(50). С. 149-152.
5. Мурсалимова Г. Р. Эколого-физиологические аспекты влияния гуматов на рост и развитие саженцев яблони // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. № 46. С. 268-272.
6. Assessment of kelp extract biostimulants on arthropod incidence and damage in a certified organic apple orchard / T. L. Bradshaw, L. P. Berkett, M. C. Griffith, S. L. Kingsley-Richards, R. E. Moran, H. M. Darby, R. L. Parsons. 2013.doi:10.17660/actahortic.2013.1001.14 Retrieved from www.scopus.com
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. doi:10.11674/zwyf.19104.
8. 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. Retrieved from www.scopus.com.

9. Fernández V., Sotiropoulos T., Brown P. Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices // Paris: IFA. 2013. P. 140.

10. Ghaderi-Daneshmand N., Bakhshandeh A., Rostami M. R. Biofertilizer affects yield and yield components of wheat // International Journal of Agriculture: Research and Review. 2012. Vol. 2(6). P. 699-704.

11. Milošević T., Milošević N., Mladenović J. (2019). Tree vigor, yield, fruit quality, and antioxidant capacity of apple (*malus × domestica* borkh.) influenced by different fertilization regimes: Preliminary results // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2019. No.43(1). P. 48-57. doi:10.3906/tar-1803-109

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. Retrieved from www.scopus.com.

Conclusions. The results of the vegetation experiment showed that the treatment of seedlings with the drugs "Samorod" and "Mival-Agro" generally improved the growth parameters of the apple tree. The data obtained indicate that the variant with treatment with the drug "Samorod" exceeded the control for all varieties by almost 2 times, and the variant with the drug "Mival-Agro" increased the leaf surface area compared to the control by 41.0-78.0 %. Significant stimulation of the leaf surface area of seedlings was found in comparison with the control. However, it should be emphasized that the difference between the treatments "Samorod" and "Mival-Agro" in the varieties of autumn maturity varies from 69.4 cm (variety Kuibyshev) to 243.6 cm (variety Taganay), and among winter varieties of apple - from 65.9 cm² (variety Podarok Orenburjya) to 245.1 cm² (variety Pamyat Voinu). It is established that at processing of saplings of autumn and winter grades of an apple-tree by the drug "Samorod" the maximum indicators of average height of 37.8 and 40.0 cm, quantity of leaves of 16.4 and 18.2 pieces are noted and leaf surface areas of 883.0 and 921.8 cm in the varieties Kuibyshevskoye and Podarok Orenburjya. Summarizing the results obtained on the biological activity of drugs against apple plants, we conclude that it is necessary to conduct research in the direction of finding growth stimulants that help improve product quality and high productivity.

References

1. Borovik R. A., Bolysheva T. N. The use of foliar fertilizers in the cultivation of ornamental trees and shrubs // Problems of agrochemistry and ecology. 2017. № 3. P. 45-55.

2. Growing adapted planting material for laying gardens in the Orenburg region / E. A. Ivanova [and others] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2015. № 55. P. 81-84.

3. Merezko O. E. Influence of the environment on human health // Ecology and safety of life. 2012. №1. P. 83-88.

4. Mursalimova G. R. Introduction of the gene pool of clonal rootstocks and its use in the modernization of the Urals assortment // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 6 (50). P. 149-152.

5. 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.

6. Assessment of kelp extract biostimulants on arthropod incidence and damage in a certified organic apple orchard / T. L. Bradshaw, L. P. Berkett, M. C. Griffith, S. L. Kingsley-Richards, R. E. Moran, H. M. Darby, R. L. Parsons. 2013. doi:10.17660/actahortic.2013.1001.14 Retrieved from www.scopus.com

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. doi:10.11674/zwj.19104.

8. 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. Retrieved from www.scopus.com.

9. Fernández V., Sotiropoulos T., Brown P. Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices // Paris: IFA. 2013. P. 140.

10. Ghaderi-Daneshmand N., Bakhshandeh A., Rostami M. R. Biofertilizer affects yield and yield components of wheat // *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2012. Vol. 2(6). P. 699-704.

11. Milošević T., Milošević N., Mladenović J. (2019). Tree vigor, yield, fruit quality, and antioxidant capacity of apple (*malus* × *domestica* borkh.) influenced by different fertilization regimes: Preliminary results // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2019. No.43(1). P. 48-57. doi:10.3906/tar-1803-109

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. Retrieved from www.scopus.com.

Author Information

Mushinskiy Alexander Alekseevich, acting director of the Federal State Budget Scientific Institution "Orenburg Experimental Station for Horticulture and Viticulture All-Russian Selection and Technology Institute for Horticulture and Nursery" (460041, Orenburg, sh. Nezhinskoe, 10), Doctor of Agricultural Sciences E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Fomin Sergey Denisovich, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Professor of RAE, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Merezhko Olga Evgenievna, Senior Researcher, Federal State Budget Scientific Institution "Orenburg Experimental Station for Horticulture and Viticulture All-Russian Selection and Technology Institute for Horticulture and Nursery" (460041, Orenburg, Nezhinskoye, 10), Ph.D. E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Aminova Evgenia Vladimirovna, leading researcher at the Federal State Budget Scientific Institution "Orenburg Experimental Station for Horticulture and Viticulture All-Russian Selection and Technology Institute for Horticulture and Nursery" (460041, Orenburg, sh. Nezhinskoe, 10), candidate of agricultural sciences E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Информация об авторах

Мушинский Александр Алексеевич, врио директора федерального государственного бюджетного научного учреждения «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (460041, г. Оренбург, ш. Нежинское, д.10), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, профессор РAE, 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

Мережко Ольга Евгеньевна, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (460041, г. Оренбург, ш. Нежинское, д.10), кандидат биологических наук. E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Аминова Евгения Владимировна, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (460041, г. Оренбург, ш. Нежинское, д.10), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF DIFFERENT VARIETIES OF SAFFLOWER «CÁRTHAMUS TINCTORIUS»

Yu. N. Pleskachev^{1,2}, S. I. Voronov², D. A. Magomedova¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Federal Research Center Nemchinovka, Moscow

Received 15.06.2020

Submitted 28.08.2020

Summary

The article considers the productivity of three varieties of safflower dye depending on the method of basic soil treatment and seeding rate. The maximum yield was established when cultivating the Alexandrite variety against the background of deep chisel processing with a seeding rate of 300 thousand seeds per 1 hectare.

Abstract

Introduction. The safflower «Cárthamus tinctorius» is a valuable oilseed crop. It has high drought and heat resistance. Safflower is capable of producing good yields in the most extreme conditions. Analysis of literary sources on the experience of safflower «Cárthamus tinctorius» cultivation gives reason to believe that this oilseed crop can be freely cultivated in dry-steppe and semi-desert zones of light chestnut soils of the Lower Volga region. In this regard, experiments were laid to identify the optimal parameters of individual elements of the varietal technology for the cultivation of various varieties of safflower in this zone. **Object.** The object of research is three varieties of safflower «Cárthamus tinctorius» Kamyshinsky 73, Zavolzhsy 1 and Alexandrite. **Materials and methods.** The experiments were laid on the experimental field of the Volgograd State Agrarian University in the Educational research and production center «Gornaya Polyana». In three experiments, for the varieties of safflower, the methods of basic soil cultivation and seeding rates were considered: Factor A. Methods of basic soil cultivation: Plowing with a PN-4-35 plow to a depth of 0.20-0.22 m (control); Chisel processing by the working bodies of the Ranch with loosening up to 0.27-0.30 m and a seam turnover of 0.12-0.14 m; Disc processing with a discator PM-4 to a depth of 0.12-0.14 m. Factor B. Seeding rates: 200 thousand sun. seeds / ha; 300 thousand sun seeds / ha; 400 thousand sun seeds / ha. **Results and conclusions.** The maximum yield of the variety Kamyshinsky 73 was formed on the option of deep chisel processing with a seeding rate of 300 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018 it was equal to 1.57 t / ha. The minimum yield was formed on the variant of shallow disc cultivation with a seeding rate of 200 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018 it was equal to 1.08 t / ha. The analysis of the yield of safflower of the variety Zavolzhsy 1 showed that it was 3.8-5.7% higher than that of the variety Kamyshinsky 73. On average, for 2016-2018, according to the methods of main soil cultivation, the yield was also the highest on the options for chisel loosening with a tool OCHO 5-40 to a depth of 0.35-0.37 m, the smallest on the option of shallow disc processing of PM-4. According to the seeding rate, the highest when sowing 300 thousand seeds per hectare, the lowest when sowing 200 thousand seeds per hectare. The analysis of the yield of safflower of the variety Alexandrite showed that it was 4.4-4.8% higher than that of the variety Zavolzhsy 1 and 9.2-10.8% higher than that of the variety Kamyshinsky 73. Maximum yield of safflower of the variety Alexandrite was formed on the variant of deep chisel processing with a seeding rate of 300 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018 it was 1.74 t / ha. The minimum yield was formed on the variant of shallow disc cultivation with a seeding rate of 200 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018 it was equal to 1.18 t / ha.

Key words: safflower «Cárthamus tinctorius», varieties, basic tillage, dump, deep chisel, small disk, seeding rates, yield.

Citation. Pleskachev Yu. N., Voronov S. I., Magomedova D. A. Elements of cultivation technology of various varieties of safflower dye. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 134-142 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-13.

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 631.51

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО

Ю. Н. Плескачѳв^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. И. Воронов², доктор биологических наук

Д. А. Магомедова¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Федеральный исследовательский центр Немчиновка, г. Москва

Дата поступления в редакцию 15.06.2020

Дата принятия к печати 28.08.2020

Аннотация. Рассмотрена продуктивность трёх сортов сафлора красильного в зависимости от способа основной обработки почвы и нормы высева. Установлена максимальная урожайность при возделывании сорта Александрит на фоне глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на 1 гектар.

Актуальность. Сафлор красильный является ценной масличной культурой. Он обладает высокой засухоустойчивостью и жаростойкостью. Сафлор способен формировать неплохие урожаи в самых экстремальных условиях. Анализ литературных источников по опыту возделывания сафлора красильного даёт основание считать, что данная масличная культура свободно может культивироваться в сухостепной и полупустынной зонах светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. В связи с этим были заложены опыты по выявлению оптимальных параметров отдельных элементов сортовой технологии возделывания различных сортов сафлора красильного в данной зоне. **Объект.** Объектом исследований являются три сорта сафлора красильного: Камышинский 73, Заволжский 1 и Александрит. **Материалы и методы.** Опыты были заложены на опытном поле Волгоградского государственного аграрного университета в УНПЦ «Горная Поляна». В трёх опытах для сортов сафлора красильного рассматривались способы основной обработки почвы и нормы высева: Фактор А. Способы основной обработки почвы: вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль); чизельная обработка рабочими органами Ранчо с рыхлением до 0,27-0,30 м и оборотом пласта на 0,12-0,14 м; дисковая обработка дискатором БДМ-4 на глубину 0,12-0,14 м. Фактор В. Нормы высева: 200 тыс. вс. семян/га; 300 тыс. вс. семян/га; 400 тыс. вс. семян/га. **Результаты и выводы.** Максимальная урожайность у сорта Камышинский 73 формировалась на варианте глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,57 т/га. Минимальная урожайность формировалась на варианте мелкой дисковой обработки с нормой высева 200 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,08 т/га. Анализ урожайности сафлора красильного сорта Заволжский 1 показал, что она была на 3,8-5,7 % выше, чем у сорта Камышинский 73. В среднем за 2016-2018 годы по способам основной обработки почвы урожайность была также наибольшей на вариантах чизельного рыхления орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м, наименьшей – на варианте мелкой дисковой обработки БДМ-4. По нормам высева семян наибольшей при высеве 300 тысяч семян на гектар, наименьшей – при высеве 200 тысяч семян на гектар. Анализ урожайности сафлора красильного сорта Александрит показал, что она была на 4,4-4,8 % выше, чем у сорта Заволжский 1 и на 9,2-10,8 % выше, чем у сорта Камышинский 73. Максимальная урожайность сафлора красильного сорта Александрит формировалась на варианте глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,74 т/га. Минимальная урожайность формировалась на варианте мелкой дисковой обработки с нормой высева 200 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,18 т/га.

Ключевые слова: сафлор красильный, сорта сафлора, основная обработка почвы, отвальная обработка почвы, глубокая чизельная обработка почвы, мелкая дисковая обработка почвы, нормы высева сафлора, урожайность сафлора.

Цитирование. Плескачев Ю. Н., Воронов С. И., Магомедова Д. А. Элементы технологии возделывания различных сортов сафлора красильного. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 134-142. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-13.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Технология возделывания любой культуры складывается из элементов, каждый из которых может значительно влиять на её продуктивность. При выборе оптимальных элементов технологии выращивания сафлора красильного, как и других сельскохозяйственных культур, в первую очередь следует обращать внимание на биологию, морфологию растения и сортовые особенности возделываемых сортов [1, 11].

Во-вторых, нужен учет почвенно-климатических факторов зоны, в которой выращивается культура, и погодные условия, которые складываются в период вегетации [2].

Потенциал продуктивности культуры и экономическая эффективность её возделывания во многом зависят от использования адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям элементов технологии [3].

Сафлор – тепло- и светолюбивое растение, может культивироваться на всех типах почв, хорошо переносит засоление [4, 6].

Имея мощную корневую систему, потребляет влагу и питательные вещества со всего корнеобитаемого слоя и, как ксерофит, экономно и продуктивно их использует [5, 8].

Сафлор обладает высокой засухоустойчивостью и жаростойкостью, но в то же время характеризуется определённой холодостойкостью. Он легко может реагировать на обезвоживание и способен реанимировать ассимиляционную деятельность листового аппарата в ночное время [9].

К теплу сафлор требователен, особенно в фазе цветения и созревания. Сафлор – культура раннего срока сева. Так, его семена могут прорасти уже при температуре 1-2 °С, сафлор красильный в фазе двух-трёх пар настоящих листьев свободно переносят снижение воздушной температуры до минус 3,5 °С [10].

Сафлор относится к виду полевых культур, способных формировать неплохие урожаи в самых экстремальных условиях [7, 13].

Анализ литературных источников по опыту возделывания сафлора красильного даёт основание считать, что данная масличная культура свободно может культивироваться в сухостепной и полупустынной зонах светло-каштановых почв Нижнего Поволжья.

В связи с этим были заложены опыты по выявлению оптимальных параметров отдельных элементов сортовой технологии возделывания различных сортов сафлора красильного в данной зоне.

Материалы и методы. Опыты были заложены на опытном поле Волгоградского государственного аграрного университета в УНПЦ «Горная Поляна». В трёх опытах для сортов сафлора красильного: Камышинский 73, Заволжский 1 и Александрит – рассматривались способы основной обработки почвы и нормы высева: Фактор А. Способы основной обработки почвы: вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль); чизельная обработка рабочими органами Ранчо с рыхлением до 0,27-0,30 м и оборотом пласта на 0,12-0,14 м; дисковая обработка дискатором БДМ -4 на глубину 0,12-0,14 м. Фактор В. Нормы высева: 200 тыс. вс. семян/га; 300 тыс. вс. семян/га; 400 тыс. вс. семян/га.

Повторность трёхкратная. При разработке схемы опыта использовался метод расщепленных делянок. Площадь делянок первого порядка – 216 м². Длина 20 м, ширина 10,8 м. Площадь делянок второго порядка – 72 м². Длина 20 м, ширина 3,6 м. Общая площадь под делянками 1994 м². Общая площадь под опытом 2254 м².

Почва по гранулометрическому составу тяжелосуглинистая. На опытном участке, где проходили исследования, содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 1,74 %. По наличию основных элементов питания в почве опытный участок характеризовался следующими показателями: содержание азота по Корнфилду – 48-54 мг/кг почвы, фосфора по Мачигину – 47-51 мг/кг почвы, калия по Мачигину – 460-465 мг/кг почвы.

Осадков за вегетационные периоды изучения было незначительное количество: от 47,5 мм в 2017 году до 81,7 мм в 2018 году. Гидротермический коэффициент (по Т.Г. Селянинову) составлял от 0,3 до 0,6 единицы.

Результаты и обсуждение. Анализ урожайности сафлора красильного сорта Камышинский 73 показал, что в среднем за 2016-2018 годы по способам основной обработки почвы она была наибольшей на вариантах чизельного рыхления орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м, наименьшей на варианте мелкой дисковой обработки дискатором БДМ-4. По нормам высева семян наибольшей урожайность сафлора красильного была при высеве 300 тысяч семян на гектар, наименьшей – при высеве 200 тысяч семян на гектар.

Максимальная урожайность формировалась на варианте глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,57 т/га. Минимальная урожайность формировалась на варианте мелкой дисковой обработки с нормой высева 200 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,08 т/га.

Таблица 1 – Урожайность сафлора красильного сорта Камышинский 73, т/га

Table 1 – Yield of safflower of the dyeing variety Kamyshinsky 73, t / ha

Способ основной обработки почвы / The method of primary tillage	Норма высева / Seeding rate	2016 г. / 2016	2017 г. / 2017	2018 г. / 2018	Среднее / Average
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль) / Plowing with a PN-4-35 plow to a depth of 0,20-0,22 m (control)	200 тыс. / thousand	1,21	1,27	1,42	1,30
	300 тыс. / thousand	1,32	1,37	1,54	1,41
	400 тыс. / thousand	1,27	1,33	1,48	1,36
Чизельная обработка орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м / Chisel processing with an OCHO 5-40 gun to a depth of 0.35-0.37 m	200 тыс. / thousand	1,36	1,41	1,58	1,45
	300 тыс. / thousand	1,47	1,54	1,70	1,57
	400 тыс. / thousand	1,43	1,46	1,61	1,50
Мелкая дисковая обработка БДМ-4 на глубину 0,12-0,14 м / Shallow disk processing BDM - 4 in depth 0,12-0,14 m	200 тыс. / thousand	0,98	1,05	1,21	1,08
	300 тыс. / thousand	1,10	1,13	1,28	1,17
	400 тыс. / thousand	1,03	1,09	1,24	1,12
HCP ₀₅ A / NDS 05 A		0,04	0,04	0,06	
HCP ₀₅ B / NDS 05 V		0,02	0,02	0,03	
HCP ₀₅ AB / NDS 05 AB		0,04	0,03	0,04	

Анализ урожайности сафлора красильного сорта Заволжский 1 показал, что она была на 3,8-5,7 % выше, чем у сорта Камышинский 73. В среднем за 2016-2018 годы по способам основной обработки почвы она была также наибольшей на вариантах чизельного рыхления орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м, наименьшей – на варианте мелкой дисковой обработки БДМ–4. По нормам высева семян наибольшей при высеве 300 тысяч семян на гектар, наименьшей – при высеве 200 тысяч семян на гектар.

Максимальная урожайность сафлора красильного сорта Заволжский 1 формировалась на варианте глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,66 т/га. Минимальная урожайность формировалась на варианте мелкой дисковой обработки с нормой высева 200 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,13 т/га.

Таблица 2 – Урожайность сафлора красильного сорта Заволжский 1, т/га

Table 2 – Yield of safflower of the dyeing variety Zavolzhsy 1, t / ha

Способ основной обработки почвы / The method of primary tillage	Норма высева / Seeding rate	2016 г. / 2016	2017г. / 2017	2018г. / 2018	Среднее / Average
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль) / Plowing with a PN-4-35 plow to a depth of 0.20-0.22 m (control)	200 тыс. / thousand	1,26	1,32	1,47	1,35
	300 тыс. / thousand	1,39	1,45	1,60	1,48
	400 тыс. / thousand	1,33	1,39	1,54	1,42
Чизельная обработка орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м / Chisel processing with an OCHO 5-40 gun to a depth of 0.35-0.37 m	200 тыс. / thousand	1,44	1,47	1,62	1,51
	300 тыс. / thousand	1,58	1,62	1,78	1,66
	400 тыс. / thousand	1,52	1,55	1,70	1,59
Мелкая дисковая обработка БДМ-4 на глубину 0,12-0,14 м / Shallow disk processing BDM-4 in depth 0.12-0.14 m	200 тыс. / thousand	1,06	1,10	1,23	1,13
	300 тыс. / thousand	1,14	1,18	1,34	1,22
	400 тыс. / thousand	1,11	1,15	1,28	1,18
НСП ₀₅ А / NDS 05 А		0,04	0,04	0,06	
НСП ₀₅ В / NDS 05 В		0,02	0,02	0,03	
НСП ₀₅ АВ / NDS 05 АВ		0,04	0,03	0,04	

Анализ урожайности сафлора красильного сорта Александрит показал, что она была на 4,4-4,8 % выше, чем у сорта Заволжский 1, и на 9,2-10,8 % выше, чем у сорта Камышинский 73. В среднем за 2016-2018 годы по способам основной обработки почвы она была также наибольшей на вариантах чизельного рыхления орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м, наименьшей – на варианте мелкой дисковой обработки дискатором БДМ–4. По нормам высева семян наибольшей при высеве 300 тысяч семян на гектар, наименьшей – при высеве 200 тысяч семян на гектар.

Максимальная урожайность сафлора красильного сорта Александрит формировалась на варианте глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,74 т/га. Минимальная урожайность формировалась на варианте мелкой дисковой обработки с нормой высева 200 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,18 т/га.

Таблица 3 – Урожайность сафлора красильного сорта Александрит, т/га

Table 3 – Yield of safflower dyeing varieties Alexandrite, t / ha

Способ основной обработки почвы / The method of primary tillage	Норма высева / Seeding rate	2016 г. / 2016	2017г. / 2017	2018г. / 2018	Среднее / Average
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль) / Plowing with a PN-4-35 plow to a depth of 0.20-0.22 m (control)	200 тыс. / thousand	1,36	1,42	1,57	1,45
	300 тыс. / thousand	1,46	1,55	1,70	1,57
	400 тыс. / thousand	1,44	1,49	1,63	1,52
Чизельная обработка орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м / Chisel processing with an OCHO 5-40 gun to a depth of 0.35-0.37 m	200 тыс. / thousand	1,51	1,56	1,70	1,59
	300 тыс. / thousand	1,67	1,70	1,85	1,74
	400 тыс. / thousand	1,60	1,63	1,78	1,67
Мелкая дисковая обработка БДМ-4 на глубину 0,12-0,14 м / Shallow disk processing BDM-4 in depth 0.12-0.14 m	200 тыс. / thousand	1,12	1,15	1,27	1,18
	300 тыс. / thousand	1,21	1,24	1,39	1,28
	400 тыс. / thousand	1,14	1,18	1,34	1,22
НСП ₀₅ А / NDS 05 А		0,06	0,06	0,08	
НСП ₀₅ В / NDS 05 В		0,02	0,03	0,04	
НСП ₀₅ АВ / NDS 05 АВ		0,04	0,04	0,06	

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований в подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья было установлено, что урожайность сафлора красильного достоверно зависит от таких элементов технологии, как сорт, основная обработка почвы и норма высева семян. Максимальная урожайность у сорта Камышинский 73 формировалась на варианте глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,57 т/га. Минимальная урожайность формировалась на варианте мелкой дисковой обработки с нормой высева 200 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,08 т/га. Анализ урожайности сафлора красильного сорта Заволжский 1 показал, что она была на 3,8-5,7 % выше, чем у сорта Камышинский 73. В среднем за 2016-2018 годы по способам основной обработки почвы урожайность была также наибольшей на вариантах чизельного рыхления орудием ОЧО 5-40 на глубину 0,35-0,37 м, наименьшей на варианте мелкой дисковой обработки БДМ-4. По нормам высева семян наибольшей при высеве 300 тысяч семян на гектар, наименьшей при высеве 200 тысяч семян на гектар. Анализ урожайности сафлора красильного сорта Александрит показал, что она была на 4,4-4,8 % выше, чем у сорта Заволжский 1, и на 9,2-10,8 % выше, чем у сорта Камышинский 73. Максимальная урожайность сафлора красильного сорта Александрит формировалась на варианте глубокой чизельной обработки с нормой высева 300 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,74 т/га. Минимальная урожайность формировалась на варианте мелкой дисковой обработки с нормой высева 200 тысяч семян на гектар, в среднем за 2016-2018 годы она равнялась 1,18 т/га.

Библиографический список

1. Адаптивная технология возделывания масличной культуры сафлора красильного сорт Краса Ступинская в биоорганическом сельском хозяйстве / С. К. Темирбекова, Ю. В. Афанасьева, А. А. Курило [и др.]. М.: Агрорус, 2016. 64 с.
2. Бородина Н. Н. Влияние способов обработки почвы на влагообеспеченность и урожайность сафлора красильного на семена на светло-каштановых почвах // Научно-агрономический журнал. 2017. №1(100). С. 9-11.
3. Бородых В. В., Межева А. С. Нетрадиционные удобрения-мелиоранты в сочетании с глубокой обработкой почвы при возделывании сафлора красильного // Проблемы развития АПК региона. 2017. № 4 (32). С. 30-33.
4. Иванов В. М., Толмачёв В. В. Сроки, нормы и способы посева сафлора в Волгоградском Заволжье // Аграрный вестник Урала. 2010. № 7. С. 72-74.
5. Иванов В. М., Толмачёв В. В. Урожайность и качество маслосемян сафлора красильного в зависимости от технологии посева в Волгоградском Заволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 4. С. 35-42.
6. Иванов В. М., Толмачёв В. В. Экономическая эффективность возделывания сафлора при разных способах, сроках и нормах посева // Аридное землепользование – способы и технологии интенсификации. М.: Изд-во Вестник РАСХН, 2009. С. 366-370.
7. Интродукция и особенности возделывания сафлора красильного на семена в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны / С. К. Темирбекова [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 1. – С. 41-43.
8. Киричкова И. В., Мелихов А. В., Васильев А. М. К вопросу повышения продуктивности сафлора красильного в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2. (54) С. 90-98.
9. Нарушев В. Б., Мажаев Н. И., Желмуханов Т. А. Приёмы ресурсосберегающей технологии возделывания сафлора в степном Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. Выпуск № 5 (49). С. 24-28.
10. Плещачев Ю. Н., Межева А. С., Шевцова Л. П. Технология возделывания сафлора красильного с использованием илового осадка и чизельной обработки почвы // Научная жизнь. 2019. №11. С. 1667-1974.
11. Ружейникова Н. М., Кулева Н. Н., Зайцев А. Н. Адаптивная технология возделывания сафлора в условиях Саратовской области: рекомендации производству. Саратов, 2012. 30 с.
12. Jabeen N., Ahmad R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan // J Sci Food Agric. 2013. Vol.93. №7. P. 1699-1705.
13. Kummur R. M., Sinha M. N., Rai R. K. Response of safflower to levels and depth of phosphorus placement under two moisture regimes // Haryana Agr. Univ. J. Res. 1989. V. 19. №1. P. 31-36.
14. Zhang Q., Peng J. H., Zhang X. N. A clinical study of Safflower Yellow injection in treating coronary heart disease angina pectoris with Xin-blood stagnation syndrome // Chin.J. Integr. Med. 2005. V. 11(3). P. 222-225.

Conclusion. Thus, as a result of studies in the subzone of light chestnut soils of the Lower Volga region, it was found that the productivity of safflower dyeing reliably depends on such technology elements as variety, basic tillage, and seed sowing rate. The maximum yield of the variety Kamyshinsky 73 was formed on the variant of deep chisel cultivation with a sowing rate of 300 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018 it was 1.57 t / ha. The minimum yield was formed on the option of small disk processing with a sowing rate of 200 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018, it was 1.08 t / ha. An analysis of the yield of safflower of the dyeing variety Zavolzhsky 1 showed that it was 3.8-5.7% higher

than that of the variety Kamyshinsky 73. On average, in 2016-2018, the yield by the methods of basic tillage was also the highest on the options for chisel loosening with a tool ОЧО 5-40 to a depth of 0.35-0.37 m, the smallest in the variant of shallow disk processing PM-4. According to the norms of sowing seeds, the largest when sowing 300 thousand seeds per hectare, the smallest when sowing 200 thousand seeds per hectare. An analysis of the yield of safflower of the Alexandrite dyeing variety showed that it was 4.4–4.8% higher than that of the Zavolzhsky 1 variety and 9.2-10.8% higher than the Kamyshinsky 73 variety. The maximum yield of the dyeing safflower Alexandrite was formed on the option of deep chisel processing with a sowing rate of 300 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018, it was 1.74 t / ha. The minimum yield was formed on the option of small disk processing with a sowing rate of 200 thousand seeds per hectare, on average for 2016-2018, it was 1.18 t / ha.

Reference

1. Adaptive technology of cultivation of oilseeds of safflower dye grade Krasa stupinskaya in bio-organic agriculture / S. K. Temirbekova, Yu. V. Afanasieva, A. A. Kurilo [and others]. M.: Agrosrus. 2016. 64 p.
2. Borodina N. N. Influence of tillage methods on moisture availability and yield of dye safflower on seeds on light chestnut soils // Scientific and agronomic journal. 2017. №1(100). P. 9-11.
3. Borodychev V. V., Mezheva A. S. Non-Traditional fertilizers-meliorants in combination with deep soil treatment in the cultivation of safflower dye // Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2017. No. 4 (32). P. 30-33.
4. Ivanov V. M., Tolmachev V. V. Terms, norms and methods of sowing safflower in the Volgograd Zavolzhye // Agrarian Bulletin of the Urals. 2010. No. 7. P. 72-74.
5. Ivanov V. M., Tolmachev V. V., Yield and quality of safflower seeds depending on sowing technology in the Volgograd Transvolga area // Proceedings of lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. 2010. No. 4. P. 35-42.
6. Ivanov V. M., Tolmachev V. V. Economic efficiency of cultivation of safflower at different methods, terms and norms of sowing // Arid land use-methods and technologies of intensification. M.: Vestnik RASKHN. 2009. P. 366-370.
7. Introduction and features of cultivation of safflower dye for seeds in the conditions of the Central district of the non-Chernozem zone / S. K. Temirbekova [and others] // Bulletin of the Russian Academy of agricultural Sciences. 2014. No. 1. P. 41-43.
8. Kirichkova I. V., Melikhov A. V., Vasiliev A. M. On the issue of increasing the productivity of safflower dye in the conditions of the Volga-don interfluvium // Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2019. № 2. (54). P. 90-98.
9. Narushev V. B., Mazhaev N. I., Zhelmukhanov T. A. Methods of resource-saving technology of safflower cultivation in the steppe Volga region // Izvestiya Orenburg state agrarian University. 2014. Issue No. 5 (49). Pp. 24-28.
10. Pleskachev Yu. N., Mezheva A. S., Shevtsova L. P. Technology of cultivation of safflower dye using silt sediment and chisel soil treatment // Scientific life. 2019. No.11. P. 1667-1974.
11. Ruzheynikova N. M., Kuleva N. N., Zaitsev A. N. Adaptive technology of cultivation of safflower in the conditions of the Saratov region: Recommendations for production. Saratov. 2012. 30 p.
12. Jabeen N., Ahmad R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan // J Sci Food Agric. 2013. Vol. 93. No. 7. P. 1699-1705.
13. Kummur R. M., Sinha M. N., Rai R. K. Response of safflower to levels and depth of phosphorus placement under two moisture regimes // Haryana Agr. Univ. J. Res. 1989. V. 19. No.1. P. 31-36.
14. Zhang Q., Peng J. H., Zhang X. N. A clinical study of Safflower Yellow injection in treating coronary heart disease angina pectoris with Xin-blood stagnation syndrome // Chin.J. Integr. Med. 2005. No.11(3). P. 222-225.

Authors Information

Pleskachev Yuri Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Center for Agriculture, Chief Researcher of the Federal Research Center Nemchinovka: (143026 Moscow Region. Odintsovo District, Novoivanovskoye Village, Kalinina St. 1.), E-mail: pleskachiov@yandex.ru

Voronov Sergey Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Federal Research Center Nemchinovka: (143026 Moscow Region. Odintsovo District, settlement Novoivanovskoye, Kalinin St., 1.), E-mail: vsi08@mail.ru

Magomedova Jaminat Arsalievna, post-graduate student of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Federal state budgetary educational institution of higher education "Volgograd state agrarian University", (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), E-mail: magomedova_djainat@mail.ru

Информация об авторах

Плескачѳв Юрий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель Центра по земледелию, главный научный сотрудник федерального исследовательского центра Немчиновка: (143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Калинина, 1),

E-mail: pleskachiov@yandex.ru

Воронов Сергей Иванович, доктор биологических наук, профессор, директор федерального исследовательского центра Немчиновка: (143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Калинина, 1),

E-mail: vsi08@mail.ru

Магомедова Джаминат Арсалиевна, аспирант кафедры «Земледелие и агрохимия», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26),

E-mail: magomedova_djainat@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-14

MULTI-CLASS RECOGNITION OF AERIAL IMAGES OF AGRICULTURAL FIELDS

A. F. Rogachev^{1,2}, E. V. Melikhova¹

¹ Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

² Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Received 10.06.2020

Submitted 25.08.2020

*The article was prepared with the financial support of the RFBR under the project
№ 19-416-340014*

Summary

The results of the review of the application of neural network technologies for pattern recognition in agricultural production are presented. Color images for recognition were obtained using spectral video cameras installed on unmanned aerial vehicles. The problem of multiclass neural network image recognition of agrophytocenoses was formulated. To implement multi-class image recognition in the monitoring process, an artificial neural network has been developed that provides preprocessing of spectral images and subsequent neural network analysis using convolutional and fully connected layers.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is due to the need for an operational analysis of the state of crops during the growing season on large areas. The results of the review of the use of neural network technologies for pattern recognition in agricultural production are presented. **Materials and methods.** Color images for recognition were obtained using spectral video cameras installed, for example, on unmanned aerial vehicles, which can also be used as aerial robotic systems that perform not only aerial photography, but also transport and technological operations, for example, local application of plant protection products. For training artificial neural networks built in Python, training and testing samples were formed with image markup in four classes. **Results and Conclusions.** The formulation of the problem of multiclass neural

network recognition of images of agrophytocenoses during the growing season is formulated. To implement multi-class image recognition from unmanned aerial vehicle in the monitoring process, an artificial neural network has been developed that provides preprocessing of graphic spectral images and subsequent neural network analysis using convolutional and fully connected layers. The basic architecture of artificial neural networks included layers of batch normalization, convolutional layers (*model.add (Conv2D (32, (3,3), padding = 'same', activation = 'relu'))*), interspersed with a layer of subsampling (*model.add (Max-Pooling2D (pool_size = (2, 2)))*), as well as regularization layers (*dropout (0.25)*). The output fully connected layer *model.add (Dense (4, activation = 'softmax'))* included four neurons according to the number of recognized classes. For the purpose of the applied use of the developed artificial neural network, a database and dataset were formed based on the obtained spectral images. Numerical experiments were performed using the developed artificial neural network of the basic architecture and its modernization. In the process of structural-parametric optimization of the artificial neural network, a number of macroparameters were corrected, in particular, the size of the convolution kernel of the first layer. The main results obtained in the process of research include the developed artificial neural network, re the problem of multiclass recognition of color images of agricultural fields in 4 classes. The resulting assessment of the recognized images of agricultural crops by remote sensing methods with the solution of the recognition problem by means of an artificial neural network of the combined architecture makes it possible to identify defects in the development of agricultural crops. Recognition results can be used in the construction of architecture and software implementation of ensembles of neural network models that allow identifying patterns in the development of crops. The results obtained can be used to build neural network hardware and software systems for operational monitoring and control of the productivity of agrophytocenoses.

Key words: *crops, productivity, monitoring, artificial neural networks, artificial neural network architecture, multiclass image recognition, convolutional layers.*

Citation. Rogachev A.F., Melikhova E.V. Multi-class recognition of aerial images of agricultural fields. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3 (59). 142-152 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-14.

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

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

УДК 631.4:519.85:528.7

МУЛЬТИКЛАССОВОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ УЧАСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ

А. Ф. Рогачев^{1,2}, доктор технических наук, профессор
Е. В. Мелихова¹, кандидат технических наук, доцент

¹ Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

² Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 10.06.2020

Дата принятия к печати 25.08.2020

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области по проекту № 19-416-340014.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оперативного анализа состояния посевов в процессе вегетации на значительных площадях. Приведены результаты проведенного обзора применения нейросетевых технологий для распознавания образов в аграрном производстве. **Материалы и методы.** Цветные изображения для распознавания были получены с помощью спектральных видеокамер, устанавливаемых, например, на беспилотных летательных аппаратах, которые также могут использоваться в качестве воздушных робототехнических комплексов, выполняющих не только аэрофотосъемку, но и транспортно-технологические операции, например, локальное внесение средств защиты растений. Для обучения построенных на

языке Python ИНС сформированы обучающая и тестирующая выборки с разметкой изображений по четырем классам. **Результаты и выводы.** Сформулирована постановка задачи мультиклассового нейросетевого распознавания изображений агрофитоценозов в процессе вегетации. Для реализации мультиклассового распознавания изображений от БПЛА в процессе мониторинга разработана искусственная нейронная сеть (ИНС), обеспечивающая предобработку графических спектральных изображений и последующий нейросетевой анализ с помощью сверточных и полносвязных слоев. Базовая архитектура ИНС включала слои пакетной нормализации, сверточные слои (`model.add(Conv2D(32, (3, 3), padding='same', activation = 'relu'))`), чередующиеся со слоем подвыборки (`model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))`), а также слои регуляризации (`dropout (0.25)`). Выходной полносвязный слой `model.add(Dense(4, activation = 'softmax'))` включал четыре нейрона по числу распознаваемых классов. С целью прикладного использования разработанной ИНС сформированы база данных (БД) и датасет на основе полученных спектральных изображений. Выполнены численные эксперименты с использованием разработанной ИНС базовой архитектуры и проведена ее модернизация. В процессе структурно-параметрической оптимизации ИНС ряд макропараметров были скорректированы, в частности, размеры ядра свертки первого слоя. Основные полученные в процессе исследований результаты включают разработанную ИНС, решающую задачу мультиклассового распознавания цветных изображений сельскохозяйственных полей по 4 классам. Получаемая оценка распознанных изображений с.-х. посевов методами дистанционного зондирования с решением задачи распознавания посредством ИНС комбинированной архитектуры позволяет выявлять дефекты развития посевов с.-х. культур. Результаты распознавания могут использоваться при построении архитектуры и программной реализации ансамблей нейросетевых моделей, позволяющих выявлять закономерности развития посевов сельскохозяйственных культур. Полученные результаты могут использоваться для построения нейросетевых программно-аппаратных комплексов для оперативного мониторинга и управления продуктивностью агрофитоценозов.

Ключевые слова: *посевы сельскохозяйственных культур, продуктивность сельскохозяйственных культур, мониторинг посевов, искусственные нейронные сети, ИНС, архитектура ИНС, мультиклассовое распознавание изображений, сверточные слои.*

Цитирование: Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 142-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-14.

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. Проблема оперативного мониторинга и автоматизированного распознавания состояния агрофитоценозов с использованием аэрофотоснимков, получаемых с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), может решаться посредством нейросетевых технологий, обеспечивающих обработку графической информации в режиме Он-лайн [5, 10, 9, 12, 13].

Возможности оперативного использования БПЛА в сельскохозяйственном производстве не ограничиваются мониторингом агрофитоценозов. Их также можно использовать для оценки объема и качества выполнения технологических операций [2, 5], а также в качестве многофункциональных робототехнических комплексов, оснащенных тепловизорами, мультиспектральными и ИК-камерами для оценки и корректировки состояния мелиоративных объектов и ГТС.

Изучению применения БПЛА для получения спектральных изображений в сельскохозяйственном производстве посвящены работы отечественных исследователей Якушева В. П., Якушева В. В., Полуэктова Р. А., Михайленко И. М., Петрушина А. Ф. и зарубежных Kitonsa H., Kruglikov S. и др. [17]. В упомянутых исследованиях отмечается возможность оценки воздействия на продуктивность посевов агрометеорологических, почвенно-климатических и организационно-технологических совокупностей факторов, включая получаемые дистанционно т.н. вегетационные индексы (NDVI и аналогичные), формируемые с учетом различных спектров отражения [14, 17].

Следующей проблемой является необходимость содержательной интерпретации графической информации от видео- и радиометрических приемников, монтируемых на мобильных транспортно-технологических средствах [4, 7, 8]. Для решения этой задачи эффективным является использование искусственного интеллекта (ИИ) и построение ИНС [3, 6, 9, 23]. Такие исследователи, как Е. С. Борисов, А. В. Созыкин, J.-S.R. Jang, L.-X. Wang, J. M. Mendel, T. Takagi, M. Sugeno, R. Fuller, O. Nelles и др., показывают различные функциональные возможности применения ИНС, в т.ч. в аграрном производстве. Нейросетевые ИТ на основе мониторинга состояния полей за весь период вегетации позволяют выявлять скрытые закономерности влияния агротехнологических факторов [11], определяющих уровень урожайности культур и продуктивность земель, оптимизировать дозы внесения различных фито- и минеральных мелиорантов с учетом особенностей севооборотов для обеспечения получения устойчивых урожаев [14, 18, 21]. Для решения перечисленных задач необходимы надежные методы оперативного наблюдения и нейросетевого распознавания состояния с.-х. полей.

Материалы и методы. Проведенный аналитический обзор подходов и методов распознавания состояния посевов сельскохозяйственных культур выявил следующие методы искусственного интеллекта (ИИ / AI), применяемые для распознавания, систематизации и оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур.

В качестве ключевых подходов были отобраны такие методы ИИ, как машинное обучение [19, 20], моделирование на основе глубоких искусственных нейронных сетей [4, 11, 20], а также способы распознавания образов классификации и изображений, использующие полносвязные и сверточные слои, а также архитектуру на базе их сочетания. Цветные изображения участков сельскохозяйственных полей были получены с помощью спектральных видеокамер высокого разрешения, например квадрокоптеров семейства DJI Phantom 4.

По цветным аэрофотоснимкам высокого разрешения 4К посевов можно классифицировать изображения посевов на четыре класса, обозначаемых на ЯВУ Python:

```
Classes = ['засеянное поле (0)', 'поле со всходами (1)',  
'прокультивированное поле (2)', 'прочие объекты (3)'].
```

Для формирования обучающего, проверочного и тестирующего массивов были использованы цветные изображения, получаемые с помощью видеокамер квадрокоптеров.

Графические материалы включали обучающие и тестирующие изображения определяемых классов:

```
/content/drive/My Drive/Base/fields_2020/5_apr_2020/test_img/  
и
```

```
/content/drive/My Drive/Base/fields_2020/5_apr_2020/train_img/
```

Фрагмент кода формирования датасета из директории `directory = '/content/drive/My Drive/Base/fields_2020/5_apr_2020/test_img/'` с выводом имен, последовательно считываемых в цикле файлов для последующей разметки `u_train`, представлен на рисунке 1.

Предобработка полученных цветных изображений предусматривала их нормализацию по каждому из RGB-каналов.

```
# Создаем пустой список для хранения оригинальных изображений тестовой выборки
imagesTest = []

# Указываем путь к тестовой выборке с оригинальными изображения
directory = '/content/drive/My Drive/Base/fields_2020/5_apr_2020/test_img/'

# Проходим по всем файлам в каталоге по указанному пути
for filename in os.listdir(directory):
    print(filename)
    # Читаем очередную картинку и добавляем ее в список изображений с указанным target_size
    imagesTest.append(img_to_array(load_img(os.path.join(directory, filename), target_size=(300, 300))).astype('uint8'))

13-1.png
19-3.png
20-3.png
21-2.png
22-2.png
01-0.png
02-0.png
03-0.png
04-1.png
```

Рисунок 1 – Фрагмент кода формирования датасета на языке Python

Figure 1 – Code Snippet for generating a dataset in Python

Фрагмент непосредственной разметки y_train по задаваемым экспертно номерам классов изображений.

$y_train = [3, 3, 3, 3, 3, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1...$



прокультивированное поле (класс 2)
cultivated field (class 2)

а)



поле со всходами (класс 1)
field with seedlings (class 1)

б)

Рисунок 2 – Типовые изображения участков полей для обучения ANN

Figure 2 – Typical images of field sections for ANN training

При парсинге размер изображений задавался 300x300 пикселей в 3 каналах цветов формата png. Для параметризации данных использовались макропараметры всех исследуемых архитектур.

Результаты и обсуждение. В процессе автоматизированного поиска релевантной информации для оценки состояния фитоагроценозов основной проблемой являлась компьютеризированная оценка принадлежности графических изображений к задаваемым классам. При этом формулируемая постановка может быть сведена к известной задаче мультиклассового распознавания классифицируемых изображений, исходной информацией для которой являются графические изображения, получаемые от мобильных спектральных камер.

Типовые изображения, получаемые с помощью спектральных видеокамер БПЛА, представлены на рисунке 2. Для решения задачи выявления состояния посевов, определяющих конечную продуктивность посевов сельскохозяйственных культур, была разработана комбинированная ИНС. Конфигурация слоев базовой ИНС на основе сочетания сверточных и полносвязных слоев, с общим числом слоёв – 14, обучаемых параметров – 43 000 000, необучаемых – 70, представлена в таблице 1.

Задача мультиклассового анализа состояния агрополей решалась в следующей постановке. Требуется определить принадлежность цветных изображений, получаемых посредством БПЛА и подаваемых на вход разработанной ИНС, к одному из заранее заданных классов: участки полей с программируемым развитием растений; участки с характерными дефектами (засорённость, неравномерные всходы, поражение болезнями и вредителями и др.). Сложность решения задачи мультиклассового распознавания в описанной постановке связана с необходимостью выбора метода предобработки исходных изображений, подаваемых на входные слои ИНС, подбора релевантной архитектуры, выбор гиперпараметров или диапазона их вариации для получения ансамбля ИНС, ориентированных на исследуемую предметную область.

Базовая архитектура ИНС включала слои пакетной нормализации, сверточные слои
(`model.add(Conv2D(32, (3, 3), padding='same', activation='relu'))`),

чередующиеся со слоем подвыборки вида

(`model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))`),
а также слои регуляризации (`dropout(0.25)`).

Выходной полносвязный слой

`model.add(Dense(4, activation='softmax'))`
включал 4 нейрона по числу классов.

Таблица 1 – Структура и макропараметры базовой построенной ИНС

Table 1-Structure and macroparameters of the basic built ANN

Layer (type)	Output Shape	Param #
batch_normalization_64 (Batch Normalization)	(None, 352, 480, 3)	12
conv2d_140 (Conv2D)	(None, 352, 480, 32)	896
conv2d_141 (Conv2D)	(None, 352, 480, 32)	9248
max_pooling2d_60 (MaxPooling)	(None, 176, 240, 32)	0
dropout_96 (Dropout)	(None, 176, 240, 32)	0
batch_normalization_65 (Batch Normalization)	(None, 176, 240, 32)	128
conv2d_142 (Conv2D)	(None, 176, 240, 64)	18496
conv2d_143 (Conv2D)	(None, 176, 240, 64)	36928
max_pooling2d_61 (MaxPooling)	(None, 88, 120, 64)	0
dropout_97 (Dropout)	(None, 88, 120, 64)	0
flatten_36 (Flatten)	(None, 675840)	0
dense_62 (Dense)	(None, 64)	43253824
dropout_98 (Dropout)	(None, 64)	0
dense_63 (Dense)	(None, 3)	195

Ввиду ограниченного объема полученных баз данных изображений в процессе обучения ИНС можно использовать реализуемые на Python генераторы, позволяющие расширять *datasets*, необходимые для обучения сетей.

Результаты обучения построенной комбинированной ИНС, ориентированной на сформулированную постановку задачи, приведены на рисунке 3. На рисунке 3 представлены диаграммы долей верных ответов в процессе обучения разработанной ИНС для базового а) и оптимизированного б) вариантов.

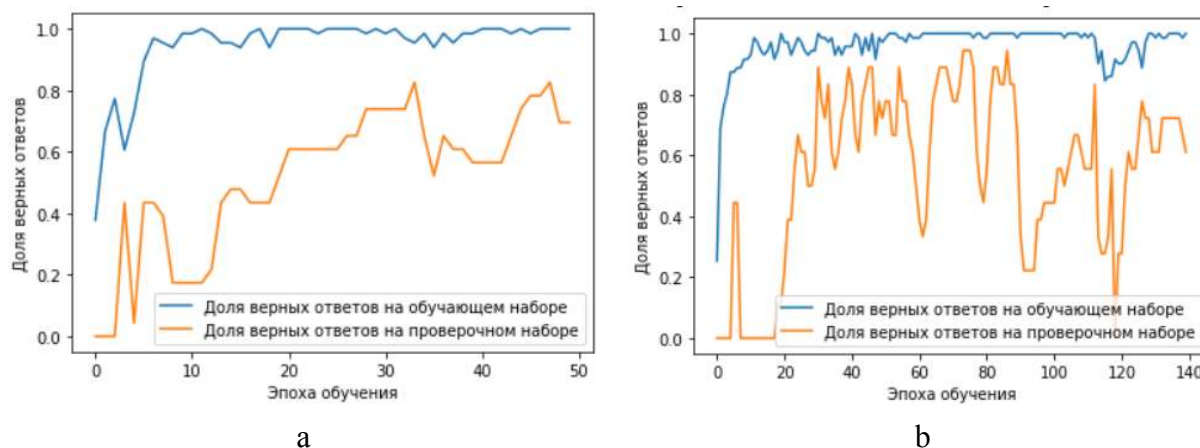


Рисунок 3 – Примеры диаграмм обучения комбинированной ИНС при распознавании состояния посевов

Figure 3 – Examples of charts, learning the ins combined with the recognition of the status of crops

В процессе подбора макропараметров сети (рисунок 3б) было увеличено ядро свертки первого из сверточных слоев до размера до 7x7 пикселей, при этом размер ядер остальных слоев был оставлен 3x3. Количество эпох обучения ИНС также было увеличено до 140.

Ручное тестирование разработанной ИНС проводилось на изображениях, которые не использовались в процессе ее обучения. Типичные результаты тестирования обученной ИНС при использовании в качестве оптимизатора «Adam» с настройками по умолчанию и макропараметров погрешности:

loss = "categorical_crossentropy"
представлены ниже.



Рисунок 4 – Результаты распознавания тестового изображения класса «прочие объекты»

Figure 4 – results of recognition of a test image of the "other objects" class»

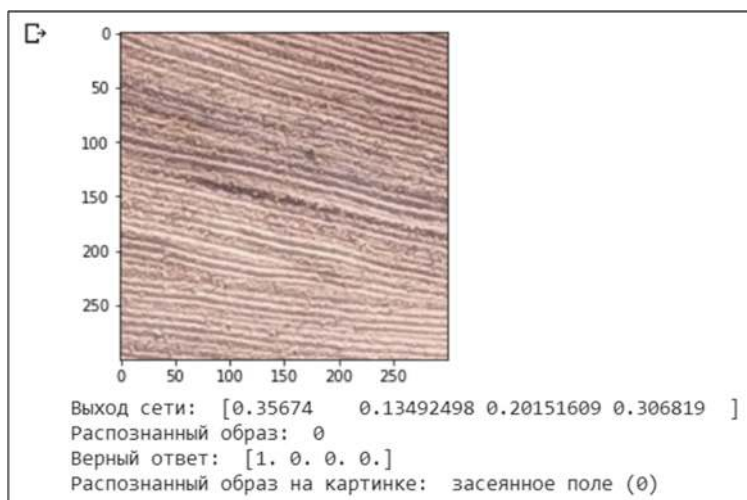


Рисунок 6 – Результаты распознавания тестового изображения класса «засеянное поле»

Figure 6 – Results of recognition of a test image of the "seeded field" class»

Не всегда достаточно высокое качество распознавания (классификации), обеспечиваемое построенной ИНС, объясняется ограниченным размером обучающего датасета, требующего существенного увеличения. Численные эксперименты показали, что лучше распознавались изображения класса (1) – «поле со всходами»; хуже – (3) «прочие объекты», долю которых необходимо увеличить с целью повышения его сбалансированности структуры датасета.

Выводы. Построение и исследование ансамбля ИНС, ориентированных на решение сформулированной задачи исследования, позволило сформулировать следующие выводы:

- Разработана нейронная сеть, решающая задачу классификации цветных изображений сельскохозяйственных полей по 4 классам.
- Оценка состояния посевов методами дистанционного зондирования и глубокого машинного обучения с решением задачи мультиклассового распознавания с использованием ИНС комбинированной архитектуры позволяет выявлять дефекты развития посевов с.-х. культур.
- Полученные результаты могут быть использованы для построения ИНС и программной реализации ансамблей нейросетевых моделей, позволяющих выявлять закономерности развития посевов сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Башилов А. М., Королев В. А. Автономные беспилотные летательные аппараты в точных системах агропроизводства // Вестник аграрной науки Дона. 2018. Т. 3. № 43. С. 76-82.
2. Борисов Е. С. Рекуррентная сеть LSTM. 2017. URL <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-lstm.html>.
3. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
4. Заводчиков Н. Д., Спешилова Н. В., Таспаев С. С. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании эффективности производства зерна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (51). С. 216-219.
5. Захарова Р. В., Гайнутдинов И. Г. Применение беспилотного летательного аппарата при десикации масличных культур // Вектор экономики. 2018. № 11 (29). С. 118.
6. Каширина И. Л., Демченко М. В. Исследование и сравнительный анализ методов оптимизации, используемых при обучении нейронных сетей // Вестник ВГУ. Сер.: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 4. С. 123-132.

7. Михайленко И. М. Развитие методов и средств применения данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 41-3. С. 70-83.
8. Михайленко И. М. Управление агротехнологиями и роботизированные и роботизированные средства реализации // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 1 (30). С. 242-258.
9. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
10. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Белоусов И. С. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов // Известия НВ АУК. 2020. № 3(59). С. 397-406. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-49.
11. Савин И. Ю., Вернюк Ю. И., Фараслис И. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2015. № 80. С. 95-105.
12. Сулейманов С. Р., Логинов Н. А. Перспектива использования дистанционного зондирования земли и БПЛА в сельском хозяйстве Татарстана // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4 (46). С. 17-19.
13. Юн Г. Н., Мединский Д. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Наукоємні технології. 2017. Т. 36. № 4. С. 35-41.
14. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth / Trukhachev V. I. [at all] // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.
15. Jordan J. Intro to optimization in deep learning: Gradient Descent // Paperspace. Series: Optimization. 2018. URL: <https://blog.paperspace.com/intro-to-optimization-in-deep-learning-gradient-descent/>.
16. Kawaguchi K. Deep Learning without Poor Local Minima // Advances in Neural Information Processing Systems. 2016. URL: <http://arxiv.org/abs/1605.07110>.
17. Kitonsa H., Kruglikov S. V. (2018) Significance of drone technology for achievement of the united nations sustainable development goals // R-Economy. 2018. V. 4. № 3. P. 115-120.
18. Melikhova E. V., Rogachev A. F. Computer Simulation and Optimization of Parameters of Configuration of the Contour of Moistening Under Drip Irrigation of Agricultures // Studies in computational intelligence. 2019. V. 826. Pp. 1193-1201.
19. Rogachev A. F. Fuzzy Set Modeling of Regional Food Security. Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. ISC 2017// Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. V. 726.
20. Rogachev A. F. Computer Modeling of the Development of Russian Small Towns on the Basis of Cognitive Maps. In: Russia and the european union: development and perspectives // Contributions to Economics. 2017. P. 113-118.
21. Schraudolph N. N., Yu J., Gunter S. A Stochastic Quasi-Newton Method for Online Convex Optimization. Statistical Machine Learning. 2017. URL: <http://proceedings.mlr.press/v2/schraudolph07a/schraudolph07a.pdf>.
22. The Marginal Value of Adaptive Gradient Methods in Machine Learning / A. Wilson, C. R. Roelofs, M. Stern, N. Srebro, B. Recht // Cornell University Library. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1705.08292>.
23. Understanding deep learning requires rethinking generalization / C. Zhang, S. Bengio, M. Hardt, B. Recht, O. Vinyals // Cornell University Library. 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1611.03530>.

Conclusions. The construction and research of an ensemble of ANN, focused on solving the formulated research problem, allowed us to formulate the following conclusions:

- A neural network has been developed that solves the problem of classifying color images of agricultural fields into 4 classes.
- Assessment of the state of crops by remote sensing and deep machine learning methods with the solution of the problem of multiclass recognition, using the combined ANN architecture allows identifying defects in the development of agricultural crops.
- The results obtained can be used to build an ANN and program implementation of ensembles of neural network models that allow identifying patterns of crop development.

Reference

1. Bashilov A. M., Korolev V. A. Avtonomnye bespilotnye letatel'nye apparaty v tochnykh sistemakh agroproduktstva // Vestnik agrarnoy nauki Dona. 2018. Vol. 3. № 43. P. 76-82.
2. Borisov E. S. Rekurrentnaya set' LSTM. 2017. URL <http://mechanoid.kiev.ua/neural-net-lstm.html>.
3. Gudfellow Ya., Bendzhio I., Kurvill' A. Glubokoe obuchenie. M.: DMC Press, 2018. 652 p.
4. Zavodchikov N. D., Speshilova N. V., Taspayev S. S. Ispol'zovanie nejrosetevykh tekhnologiy v prognozirovanii jfektivnosti proizvodstva zerna // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 1 (51). P. 216-219.
5. Zaharova R. V., Gajnutdinov I. G. Primenenie bespilotnogo letatel'nogo apparata pri desikatsii maslichnykh kul'tur // Vektor jekonomiki. 2018. № 11 (29). P. 118.
6. Kashirina I. L., Demchenko M. V. Issledovanie i sravnitel'nyj analiz metodov optimizatsii, ispol'zuemykh pri obuchenii nejronnykh setej // Vestnik VGU. Ser.: Sistemnyj analiz i informatsionnye tekhnologii. 2018. № 4. P. 123-132.
7. Mihajlenko I. M. Razvitie metodov i sredstv primeneniya dannykh distantsionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2018. № 41-3. P. 70-83.
8. Mihajlenko I. M. Upravlenie agrotekhnologiyami i robotizirovannye i robotizirovannye sredstva realizatsii // Innovatsii v sel'skom hozyajstve. 2019. № 1 (30). P. 242-258.
9. Nikolenko C., Kadurin A., Arhangel'skaya E. Glubokoe obuchenie. SPb.: Piter, 2018. 480 p.
10. Rogachev A. F., Melihova E. V., Belousov I. S. Issledovanie razvitiya i produktivnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur s primeneniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov // Izvestiya NV AUK. 2020. № 3(59). P. 397-406. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-49.
11. Savin I. Yu., Vernyuk Yu. I., Faraslis I. Vozmozhnosti ispol'zovaniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya operativnogo monitoringa produktivnosti pochv // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva. 2015. № 80. P. 95-105.
12. Sulejmanov S. R., Loginov N. A. Perspektiva ispol'zovaniya distantsionnogo zondirovaniya zemli i BPLA v sel'skom hozyajstve Tatarstana // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. T. 12. № 4 (46). P. 17-19.
13. Yun G. N., Medinskij D. V. Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v sel'skom hozyajstve // Naukoemni tekhnologii. 2017. T. 36. № 4. P. 35-41.
14. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth / Trukhachev V. I. [at all] // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.
15. Jordan J. Intro to optimization in deep learning: Gradient Descent // Paperspace. Series: Optimization. 2018. URL: <https://blog.paperspace.com/intro-to-optimization-in-deep-learning-gradient-descent/>.
16. Kawaguchi K. Deep Learning without Poor Local Minima // Advances in Neural Information Processing Systems. 2016. URL: <http://arxiv.org/abs/1605.07110>.
17. Kitonsa H., Kruglikov S. V. (2018) Significance of drone technology for achievement of the united nations sustainable development goals // R-Economy. 2018. V. 4. № 3. P. 115-120.
18. Melikhova E. V., Rogachev A. F. Computer Simulation and Optimization of Parameters of Configuration of the Contour of Moistening Under Drip Irrigation of Agricultures // Studies in computational intelligence. 2019. V. 826. Pp. 1193-1201.
19. Rogachev A. F. Fuzzy Set Modeling of Regional Food Security. Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. ISC 2017// Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. V. 726.
20. Rogachev A. F. Computer Modeling of the Development of Russian Small Towns on the Basis of Cognitive Maps. In: Russia and the european union: development and perspectives // Contributions to Economics. 2017. P. 113-118.
21. Schraudolph N. N., Yu J., Gunter S. A Stochastic Quasi-Newton Method for Online Convex Optimization. Statistical Machine Learning. 2017. URL: <http://proceedings.mlr.press/v2/schraudolph07a/schraudolph07a.pdf>.
22. The Marginal Value of Adaptive Gradient Methods in Machine Learning / A. Wilson, C. R. Roelofs, M. Stern, N. Srebro, B. Recht // Cornell University Library. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1705.08292>.

23. Understanding deep learning requires rethinking generalization / C. Zhang, S. Bengio, M. Hardt, B. Recht, O. Vinyals // Cornell University Library. 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1611.03530>.

Authors Information

Rogachev Alexey Fruminovich, head of the Department of Mathematical modeling and Informatics of Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), doctor of technical Sciences, Professor <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Melikhova Elena Valentinovna, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of Mathematical modeling and Informatics of the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), <https://orcid.org/0000-0002-4041-4270>, melv07@mail.ru

Информация об авторах

Рогачев Алексей Фруминович, зав. кафедрой "Математическое моделирование и информатика" Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор технических наук, профессор <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Мелихова Елена Валентиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета, <https://orcid.org/0000-0002-4041-4270>, mel-v07@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-15

HYDROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOIL AND MOVEMENT OF MOISTURE IN THE AERATION ZONE

A. N. Salugin¹, T. A. Ryzhova²

¹*Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Russia*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University»*

Received 10.05.2020

Submitted 14.08.2020

Research conducted in the framework of the state task № 0713-2019-0003 "to Develop the theoretical basis of the water balance of Agroecological and models of forest management in river basins, forest steppe and steppe zones of the European part of the Russian Federation" (№ state registration AAAA-A16-116122010036-5) financing of Ministry of science and higher education of the Russian Federation on the State task № 0713-2016-0506

Abstract

Introduction. The moisture conductivity of soils with different granulometric composition in the mode of unsaturated moisture content has been studied. By restoring the main hydrophysical characteristic - water-holding capacity, the intensity of moisture transfer in the upper soil horizon is investigated. The moisture conductivity was determined by the change in humidity. The recovery method for land reclamation tasks frees the researcher from laborious laboratory research. **Materials and methods.** Obtaining the main hydrophysical characteristics using the physical characteristics of the soil (particle size distribution) was carried out on semi-empirical mathematical models. **Results and conclusion.** The adequacy of mathematical modeling of the movement of moisture in the upper layer of the aeration zone, taking into account the porosity with a different ratio of silt and sand fractions, is shown. Hydrophysical characteristics: water-holding capacity (the main hydrophysical characteristic) and the dependence of moisture conductivity on moisture are considered as a result of the structure of soils, reflected in the granulometric composition. The relative content of clay, sand and silt determines the intra-soil pressure, which is the main factor in the retention and movement of moisture. Experimental data of soil samples with different granulometric composition were processed for mathematical modeling of the vertical movement of water in the upper layer of the aeration zone. The calculations were performed using a modified Darcy equation, including the dependence of moisture conductivity on moisture content. The data obtained adequately reflect the dynamics

of moisture transfer for different types of soils. The method of restoring the main hydrophysical characteristics and determining the dependence of moisture conductivity on the particle size distribution can be fruitfully used in calculating the optimal water supply for plants, the dynamics of the water balance, and the maximum efficiency of using irrigation systems.

Key words: *basic hydrophysical characteristic, granulometric composition, moisture conductivity, vertical moisture transfer.*

Citation. Salugin A. N., Ryzhova T. A. Hydrophysical characteristics of soil and moisture movement in the aeration zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 152-162 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-15.

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

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

УДК 631.432.3

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВЫ И ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ

А. Н. Салугин¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Т. А. Рыжова², аспирант

¹ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.05. 2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713–2019–0003 «Разработать теоретические основы водного баланса Агроресоландиашфтов и модели лесозащитного Природопользования в речных бассейнах лесостепной и степной зон европейской части РФ» (№ госрегистрации АААА–А16–116122010036–5) финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по Государственному заданию № 0713–2016–0506.

Актуальность. Изучена влагопроводность почв с различным гранулометрическим составом (ГС) в режиме ненасыщенного содержания влаги. С помощью восстановления основной гидрофизической характеристики (ОГХ) – водоудерживающей способности исследуется интенсивность переноса влаги в верхнем почвенном горизонте. **Материалы и методы.** Влагопроводность определялась по изменению влажности. Метод восстановления для задач мелиорации освобождает исследователя от трудоемких лабораторных исследований. Получение ОГХ с применением физических характеристик почвы (гранулометрический состав) осуществлялось на полуэмпирических математических моделях. **Результаты и выводы.** Показана адекватность математического моделирования передвижения влаги в верхнем слое зоны аэрации с учетом пористости с различным соотношением илистой и песчаной фракций. Гидрофизические характеристики: влагоудерживающая способность (ОГХ) и зависимость влагопроводности от влажности – рассмотрены как результат строения почв, отраженного в гранулометрическом составе. Относительное содержание глины, песка и ила определяет внутрисочвенное давление, которое является основным фактором удержания и перемещения влаги. Обработаны экспериментальные данные почвенных образцов с различным гранулометрическим составом для математического моделирования вертикального движения воды в верхнем слое зоны аэрации. Расчеты выполнены с использованием модифицированного уравнения Дарси, включающего зависимость влагопроводности от содержания влаги. Полученные данные адекватно отражают динамику влагопереноса для различных типов почв. Метод восстановления ОГХ и определение зависимости влагопроводности от гранулометрического состава может быть плодотворно использован в расчетах оптимального водообеспечения растений, динамике водного баланса, максимальной эффективности использования оросительных систем.

Ключевые слова: гидрофизические характеристики почвы, гранулометрический состав почвы, влагопроводность почвы, вертикальный перенос влаги.

Цитирование. Салугин А. Н., Рыжова Т. А. Гидрофизические характеристики почвы и передвижения влаги в зоне аэрации. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 152-162 DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-15.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Изучать процесс вертикального передвижения влаги в почве можно различными методами: в лаборатории; в полевых условиях; теоретически; методом математического моделирования. Перемещение влаги в почве определяется ее физическими и гидрофизическими свойствами: гранулометрическим составом, влагопроводностью, водоудерживающей способностью (зависимостью матричного давления почвенной влаги от ее содержания). Для определения скорости передвижения влаги в верхних слоях почвы создают пространственно-временную математическую модель, параметрами которой являются гранулометрический состав и данные по восстановлению основной гидрофизической характеристики (ОГХ) [2, 3, 5, 7, 10].

Теоретические методы получения данных по водоудержанию почвы как альтернатива прямому измерению ненасыщенной влагопроводности, основаны на статистических моделях распределения пор по размерам, описывающими передвижение воды через почвенную толщу уравнением Дарси [3]. Большое количество моделей такого плана появилось в течение последних десятилетий [2, 3, 7-9, 11]. Эти модели требуют, как правило, данных по водоудержанию почвы или в табличной форме, или в виде аналитических зависимостей с параметрами, определяемыми эмпирически. Таким образом, было предложено большое количество аналитических выражений для удержания воды, но лишь немногие из них используют распределение пор по размерам – гранулометрический состав. Авторами [8-11] разработаны компьютерные алгоритмы для анализа содержания влаги в почве и влагопроводности в ненасыщенных почвах. С помощью восстановления гидрофизических характеристик почв на основе их физико-химических свойств: плотности, гранулометрического состава, пористости, полевой влагоемкости, гигроскопической влажности, коэффициента фильтрации – представляется возможным оценивать вертикальное движение воды. Гидрофизические характеристики являются ключевыми параметрами при количественном описании водного потока через приповерхностную зону.

Материалы и методы. Гранулометрический состав (ГС) определяет относительное содержание различных фракций почвенных частиц от песка до глины (от 10 мк до 1 мм). Гидрофизические параметры почв: основная гидрофизическая характеристика и влагопроводность – определяют водные режимы ирригации и динамику водного баланса в целом. Исследование ОГХ в лабораторных условиях связаны с измерениями влажности в широком диапазоне внутрипочвенного давления от 0 до 10^4 см водного столба.

В связи с этим весьма актуальной является задача восстановления ОГХ по данным гранулометрического состава, который отражает физическую характеристику неоднородности и количественное соотношение фракций различной дисперсности. Данная характеристика описывает способность почвы удерживать влагу. Процесс сохранения влаги при этом выражается в виде зависимости влажности почв от матричного давления. Настоящая работа является продолжением исследований [4-6] в этом направлении. Исследования посвящены анализу процесса перемещения влаги в ненасыщенных почвах с

различным гранулометрическим составом, являющимся одним из основных факторов, определяющих влагоудержание почвы и ее влагопроводность [1, 7, 10]. В работе изучались почвы с различным распределением частиц, приведенном в таблице 1.

Таблица 1–Гранулометрический состав почв для образцов верхнего слоя (0–0,2м)

Table 1 - Granulometric composition of soils for samples of the upper layer (0-0,2 m)

№ образ- ца / № sample's	Содержание частиц (% массы сухой почвы) разного диаметра, мм / Particle content (%of dry soil mass) of different diameters, mm								Гранулометрический состав почвы / Granulometric compo- sition of soil
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	Менее 0,001 / Less than 0.001	Более 0,01песок More than 0.01sand	Менее 0,01глина Less than 0.01 clay	
СХП «Луч» п. Новый Рогачик / SHP "Luch" p. Novy Rogachik									
1	–	32,4	35,7	9,9	6,1	15,9	68,1	31,9	суглинок / loam
Полигон «Городище» / Poligon "The Settlement»									
2	4,5	24,2	34,0	5,2	5,6	23,8	65,4	34,6	глинистый суглинок / clay loam
3	1,2	13,8	36,2	5,9	9,6	30,4	54,1	45,9	глинистый суглинок / clay loam
4	9,3	13,1	16,5	1,6	20,5	38,9	38,9	61,1	глина / clay
Полигон «Качалино» / Kachalino Polygon»									
5	6,3	27,1	11,7	5,4	20,8	28,7	45,1	54,9	глинистый суглинок / clay loam
Лизиметр ФГБНУ ФНЦ / Lysimeter of FNC									
6	10,4	33,29	55,35	1,96	0,68	6,6	2,12	9,4	суглинистый песок / loamy sand
Образец "Мезанский" / Sample "Mezansky"									
7	1,1	0,47	5,13	4,92	2,5	85,5	0,05	0,38	Песок / sand
Образец ООО"БК" / Sample of ООО "БК"									
8	10,4	28,1	39,9	1,5	0,41	15,4	4,18	0,06	суглинистый песок / loamy sand
Образец ООО"БК" / Sample of ООО "БК"									
9	0,17	0,51	5,73	4,75	2,61	85,8	0,19	0,27	песок / sand
Образец "Казантипский" / Sample "Kazantipsky"									
10	0,37	0,04	17,73	0,72	0,08	80,9	0,05	0,06	песок / sand

Для восстановления ОГХ по методу [4, 5, 11] был осуществлен переход от классификации Качинского к Международной классификации ФАО (рисунок 1) для десяти типов почв. Для перехода были построены графики кумулятивной вероятности и плотности распределения почвенных частиц по размерам для почв: суглинок; глинистый суглинок; глина; песок; суглинистый песок (рисунок 2). В таблице 1 приведены данные для 10 образцов, определяющих переход от отечественной классификации почв (глина и песок) к международной (пыль, песок, глина). Переход произведен по треугольнику Ферре.

Исследования показали, что все образцы в классификации ФАО подразделяются на пять типов (рисунок 1).

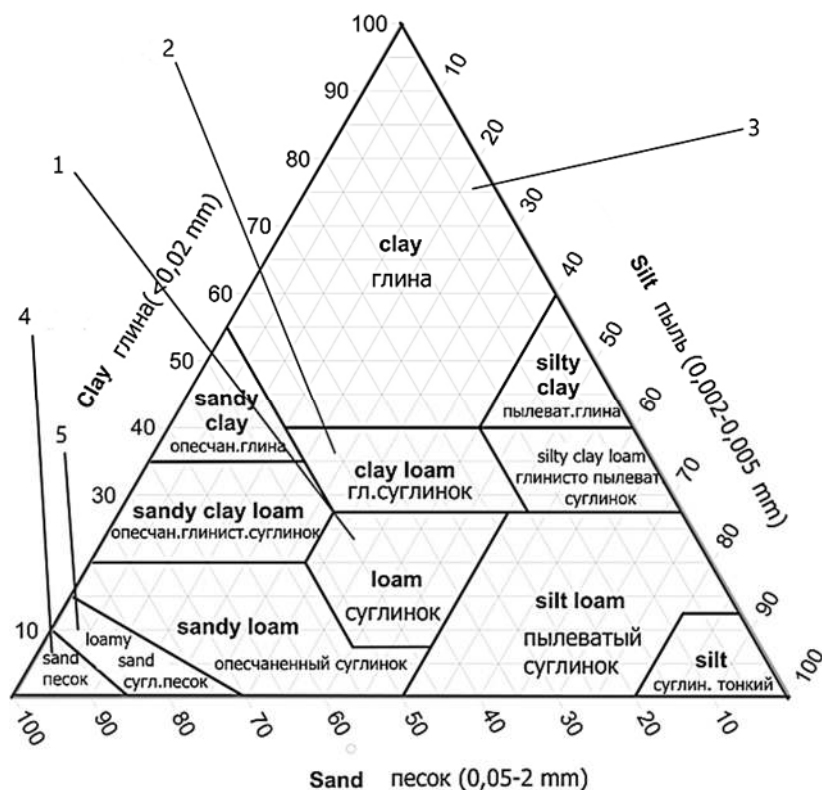


Рисунок 1 – Треугольник Ферре с данными почв 5 образцов: 1 – суглинок, 2 – глинистый суглинок; 3 – глина; 4 – песок; 5 – суглинистый песок

Figure 1 – Ferre Triangle with soil data from 5 samples: 1 – Loam; 2 – Clay Loam; 3 – Clay; 4 – Sand; 5 – Loamy sand

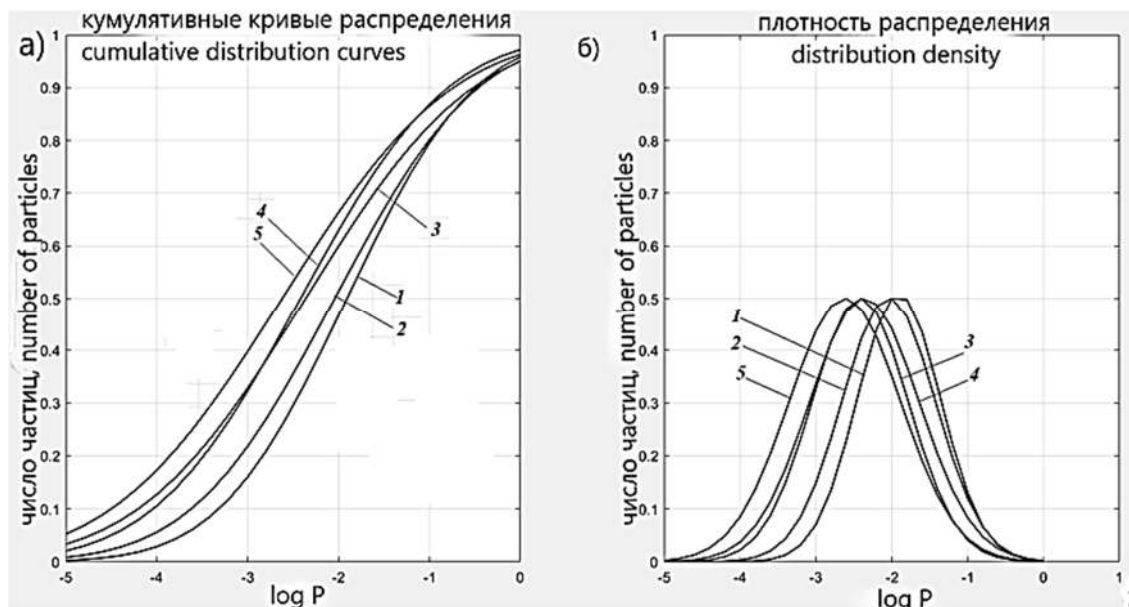


Рисунок 2 – Кумулятивная вероятность (а) и плотность распределения почвенных частиц по размерам (б) 1 –суглинок; 2–глинистый суглинок; 3 – глина; 4 – песок; 5 – суглинистый песок

Figure 2 - Cumulative probability (a) and density of distribution of soil particles by size (b): 1–Loam; 2– Clay Loam; 3 – Clay; 4 – Sand; 5 –Loamy sand

Результаты и обсуждение. Получение данных о почвенном давлении и соответствующее ему содержание влаги в виде кривой удержания дорогостоящи и труднореализуемы даже в лабораторных условиях. Одна из альтернатив прямому измерению ненасыщенной влагопроводности – это использование теоретических методов математического моделирования, которые предсказывают водоудержание почвы по ее предикторам: влагопроводности, распределению частиц по размерам, плотности, пористости и пр. [2, 4, 6, 7, 9, 10]. Гидрофизические характеристики могут выступать в этом случае исходными данными для оценки гидравлических свойств ненасыщенных почв.

Для решения теоретических и прикладных задач бывает необходимо оценивать запасы воды в зоне аэрации и динамику при вертикальном передвижении к грунтовым водам. Изучению гидрофизики почв в зоне аэрации с ненасыщенной влагой в последние годы посвящено значительное число как экспериментальных, так и теоретических исследований [2, 5, 8-11]. Характер движения воды в области аэрации связан с неоднородностью почвы, с широким спектром распределения почвенных частиц по размерам (от 2000 до 0,1 мкм). Гранулометрический состав при этом выступает основным критерием для достаточно точного и удобного анализа ненасыщенных гидравлических свойств почвы.

Исследования авторов [5, 7, 8-11] определили множество альтернативных теоретических методов прямому измерению ненасыщенного влагоудержания (ОГХ). Все они основаны на физических свойствах почвы. Модель Ван Генухтена, например, связывает их с гидрологическими (1, 2) [7, 8-11].

$$K(S_e) = K_\phi \cdot S_e^\lambda \{1 - [1 - S_e^{1/m}]\}^2, S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (1)$$

где K_ϕ – влагопроводность при полном насыщении, мм/сут, S_e – эффективная влажность, отражающая количество влаги, участвующей в движении; θ – влажность $\text{см}^3/\text{см}^3$, θ_r , θ_s – остаточная и насыщенная влажности; λ – параметр распределения пор по размерам, влияющим на наклон функции удержания; m – параметр, отражающий распределение почвенных частиц по размерам.

$$\theta(h) = \theta_s + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + |\alpha h|^n)^m}, \quad m = 1 - \frac{1}{n}, \quad (2)$$

где $\theta(h)$ – влажность как функция от почвенного давления h (вод. ст.) θ_r , θ_s – остаточная влажность и влажность насыщения; α (1 / см) – коэффициент входа воздуха; n , m – эмпирические константы, влияющие на форму кривой удержания.

Таблица 2 – Параметры Ван Генухтена для образцов почв: 1 – суглинок; 2,3,5 – глинистый суглинок 4 – глина ; 6,7,9,10 – песок; 8 – суглинистый песок [9]

Table 2 –Van Genuchten parameters for soil samples: 1 – Loam; 2,3,5 – Clay Loam, 4–Clay; 6,7,9,10 – Sand; 8 – Loamy sand [9]. $\text{см}^3/\text{см}^3$

№ образца почвы № soil sample	$\theta_r, \text{см}^3/\text{см}^3$	$\theta_s, \text{см}^3/\text{см}^3$	$\alpha, 1/\text{см}$	$n, (—)$	$K_0, \text{см}/\text{д}$
1 – Суглинок / Loam	0,078	0,43	0,036	1,56	24,96
2,3,5 – Глинистый суглинок / Clay loam	0,075	0,41	0,019	1,31	6,24
4 – Глина / Clay	0,068	0,38	0,008	1,09	4,80
6,7,9,10 – Песок / Sand	0,045	0,43	0,145	2,68	712,8
8 – Суглинистый песок / Sandy loam	0,065	0,41	0,075	1,89	106,1

Данные таблицы 2 были использованы в нашей работе в задачах восстановления ОГХ с помощью зависимости Ван Генухтена в программе RETC 6.2 [8-11] по формуле (2). Для получения кривых ОГХ использовались гидрофизические параметры, представленные в таблице 3. На рисунке 3 показаны результаты работы пакета RETC для пяти почв.

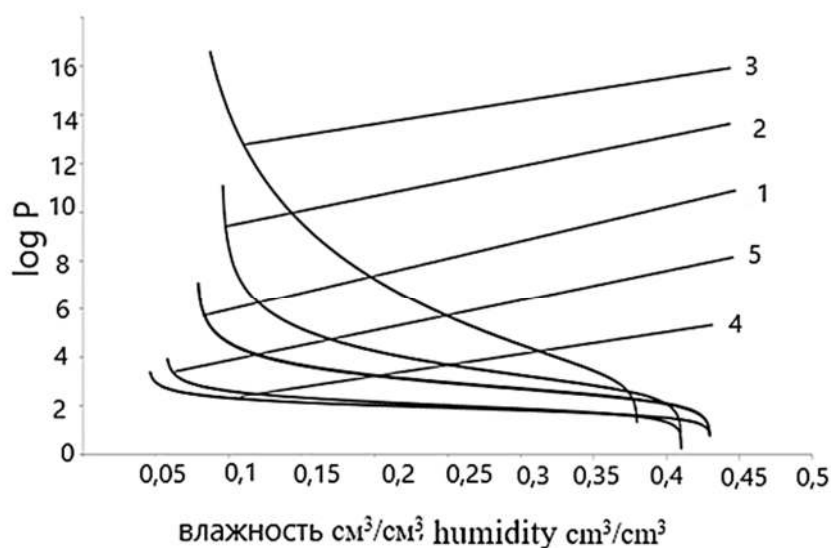


Рисунок 3 – Восстановленные кривые ОГХ для образцов 1-5:
1 – суглинок, 2 – глинистый суглинок; 3 – глина; 4 – песок; 5 – суглинистый песок

Figure 3 – Restored OGC curves for samples 1-5:
1 – Loam; 2 – Clay Loam; 3 – Clay; 4 – Sand; 5 – Loamy sand

На рисунке 3 приведены расчетные S-кривые удержания для пяти типов почв. Значительное различие между пятью плавными кривыми объясняется увеличением почвенного давления за счет илистой, тонкодисперсной фракции. Это указывает на увеличение водоудержания воды при «утяжелении» почвы (увеличение фракции пыли). Полуэмпирический подход к проблеме влагопроводности и удержанию воды в рамках парадигмы Ван Генухтена [8-11] в настоящее время эффективно используется российскими учеными для решения проблем гидрологии и мелиорации почв [4, 5, 7].

Процесс продвижения воды в почву можно описать скоростью ее проникновения и общим объемом, накопленным в течение определенного времени. Рассмотрим этот процесс более подробно. Предположим, что скорость поступления за первый час 2 см/час; за второй – 1 см/час. Таким образом, вода проникнет в почву на 3 см. Описать этот процесс математически можно дифференциальными уравнениями в частных производных. Движение потока воды в ненасыщенной зоне задается уравнением Дарси [3, 5, 7, 10]:

$$q = \frac{Q}{st} = K_{\phi} \frac{\Delta P}{\Delta z}, \quad (3)$$

где Q — количество воды прошедшей через площадку s за время t , Δz — глубина почвы, ΔP — изменение почвенного давления при изменении глубины на величину Δz .

При изменении давления воды K_{ϕ} измеряется как дополнительное количество к соответствующему уровню воды в единицу времени [10]. Так как гравитационный градиент $\Delta P/\Delta z$ близок к 1, имеем:

$$K_{\phi} = Q/st \quad (4)$$

Ненасыщенная влагопроводность, в отличие от коэффициента фильтрации, имеет различные значения и зависит от влажности почвы (внутрипочвенного давления) [3, 7]. В таблице 3 приведены данные коэффициент влагопроводности при насыщении для разных типов почв [7].

Таблица 3 – Коэффициент влагопроводности при насыщении

Table 3 – The coefficient of hydraulic conductivity at saturation

Почва / Soil	Диапазон K_{ϕ} (мм·сут ⁻¹) / The range of K_r (mm st ⁻¹)
Гравий / Gravel	$0,21 \cdot 10^{-3} - 0,18 \cdot 10^{-4}$
Грубый песок / Coarse sand	$0,16 \cdot 10^{-7} - 0,38 \cdot 10^{-6}$
Песок / Sand	$0,21 \cdot 10^{-6} - 0,13 \cdot 10^{-4}$
Средний песок / Medium sand	$0,64 \cdot 10^{-7} - 0,96 \cdot 10^{-6}$
Неоднородный гравий и песок / Non-uniform gravel and sand	$0,32 \cdot 10^{-8} - 0,96 \cdot 10^{-7}$
Грубый оторфованный песок / Rough sand torn off	$0,21 \cdot 10^{-7} - 0,25 \cdot 10^{-7}$
Тонкий оторфованный песок / Thin-peated sand	$0,96 \cdot 10^{-9} - 0,2 \cdot 10^{-8}$
Моренный гравий / Moraine gravel	$0,96 \cdot 10^{-10} - 0,45 \cdot 10^{-8}$
Моренный песок / Moraine sand	$0,96 \cdot 10^{-11} - 0,19 \cdot 10^{-8}$
Опесчанная легкая глина / Pescantina light clay	$0,96 \cdot 10^{-11} - 0,25 \cdot 10^{-10}$
Пылеватый моренный песок / Dusty moraine sand	$0,32 \cdot 10^{-11} - 0,19 \cdot 10^{-10}$
Опесчаненный тяжелый суглинок / Desalinated heavy loam	$0,32 \cdot 10^{-11} - 0,25 \cdot 10^{-10}$
Суглинок / Loam	$0,19 \cdot 10^{-12} - 0,19 \cdot 10^{-10}$
Тяжелая глина / Heavy clay	$0,16 \cdot 10^{-12} - 0,28 \cdot 10^{-12}$

Для ненасыщенных почв уравнение Дарси выглядит как:

$$q = -K(h) \frac{\Delta P}{\Delta z}, \quad (5)$$

где q — скорость стока; $K(h)$ — коэффициент влагопроводности, $\frac{\Delta P}{\Delta z}$ — градиент давления.

Зависимость Дарси для ненасыщенных почв применима тогда, когда изменение влажности во времени приводит к изменению потока воды q на разнице высот:

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = - \frac{\Delta q}{\Delta z}. \quad (6)$$

Градиент гравитационного давления направлен вниз (при увеличении z давление уменьшается) поэтому знак «-». Подставив в (6) значение для q из (5) получим:

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = - \frac{\Delta}{\Delta z} \left(K(h) \frac{\Delta h}{\Delta z} \right) \quad (7)$$

где θ — влажность, h — давление внутрипочвенной влаги, z — глубина.

Решая уравнение (7), можно определить вертикальное движение влаги в верхних слоях почвы. Перепишем (6), (7) в более удобном виде:

$$q = -K(h) \left(\frac{\Delta(P-z)}{\Delta z} \right) = K(h) \left(\frac{P_2 - P_1}{\Delta z} - 1 \right) \quad (8)$$

где $\Delta P / \Delta z$ — изменение давления на расстоянии Δz между двумя вертикально расположенными слоями, $K(h)$ — коэффициент влагопроводности при заданном давлении.

Таблица 4 – Данные для математического моделирования
вертикального переноса влаги

Table 4 – Data for mathematical modeling vertical moisture transfer

Класс по гранулометрическому составу / Granulometric composition class	Порозность (% объемный) / Porosity (%volume)	Плотность почвы (г/см ³) / Soil density (g / cm ³)	НВ (% к весу) / NV (% by weight)	ВРК (% к весу)* / VRK (% by weight)*	ВЗ (% к весу) / VZ (% by weight)	ДДВ (% к весу) / DV (% by weight)	Коэффициент фильтрации, (см/сут) / Filtration coefficient, (cm/day)
Песок / Sand	32–42	1,6	5–10	4,5	3–6	2–6	80 –200
Суглинистый песок / Loamy Sand	40–46	1,5	10–18	7,5	4–8	6–10	50–150
Суглинок / Loam	43–51	1,4	18–26	13,25	8–12	10–14	40–120
Глинистый суглинок / Glay loame	47–51	1,35	23–31	18,5	11–15	12–16	30–70
Глина / Glay	49–53	1,3	27–35	21,0	13–17	14–18	20–70
Песок / Sand	51–55	1,25	31–39	25,5	18–24	14–18	2–30

Таблица 5 – Результаты моделирования вертикального переноса влаги

Table 5 – Results of modeling of vertical moisture transport

Тип почвы / Soil type	НВ / NV	P1	Δz	K(нв)мм/сут / K(NV) mm/day	q мм/сут / q mm/day
Песок / Sand	0,060	248,000	20,000	0,260	2,964
Суглинистый песок / Loamy Sand	0,170	181,300	20,000	12,400	100,006
Суглинок / Loam	0,260	796,1	20,000	0,68	26,387
Глинистый суглинок / Glay loame	0,310	1513	20,000	0,137	10,227
Глина / Glay	0,350	2589	20,000	0,042	5,395

В верхнем профиле почвы 20 см при влажности НВ вода перетечет: в суглинистом песке (Loamy Sand) со скоростью 100 мм/сут; на втором месте суглинок (Loamy) – 26,387 мм/сут.; на третьем — глинистый суглинок (Glay loame) – 10,277 мм/сут; на четвертом – глина (Glay) – 5,4 мм/сут. В песке (Sand) переток влаги самый медленный – 3 мм/сут.

Выводы. Таким образом, из приведенных выше результатов можно сделать практические выводы. Зависимость влагопроводности от содержания влаги в почве, а также восстановленная с ее помощью основная гидрофизическая характеристика позволяют решать задачи, связанные с вертикальным движением влаги в ненасыщенных почвах. Если решать модифицированное уравнение Дарси в численной форме, используя малые временные шаги по вертикали (глубине) для каждого из элементарных почвенных слоев горизонта можно определять распределение влажности в верхнем профиле с учетом начальных и краевых условий: поступления осадков, расхода на полив и транспирацию растениями и т. д. Данные подобных исследований, несомненно, будут полезны при разработке оросительных систем, определения нужных мощностей по-

ливных конструкций, связанных с оптимальным расходом воды при поливе. Восстановление ОГХ и влагопроводности почв необходимы для эффективного использования оросительной воды и планирования водной мелиорации. Рассмотренная в статье концепция полуэмпирических приемов исследования гидрофизических свойств почв и математического моделирования представляет собой новый, на наш взгляд, подход к изучению физической природы гидрологических почвенных процессов.

Библиографический список

1. Агрофизика: монография / Е. В. Шеин, М. А. Мазиров, С. И. Зинченко, В. М. Гончаров, А. А. Корчагин, А. Б. Умаров, Е. Ю. Милановский. Иваново: Издательско-полиграфический комплекс «ПресСто», 2016. 124 с.
2. Мелихова Е. В. Математическое моделирование процессов влагопереноса при капельном и внутрипочвенном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1 (41). С. 228-234.
3. Моделирование основной гидрофизической характеристики черноземов Алтайского края / А. Г. Болотов, С. Н. Дубский, А. Н. Шаталов, А. Н. Шаталов, И. Н. Бутырин, Е. Н. Кузнецов, И. А. Гончаров, Н. А. Гончаров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 31-35.
4. Салугин А. Н. Восстановление гидрофизических характеристик почв с помощью математического моделирования // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 66(2). С. 205-209.
5. Салугин А. Н. Применение основных гидрофизических характеристик для моделирования вертикального движения влаги в зоне аэрации // Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2(49). С. 58-65.
6. Смагин А. В. К термодинамической теории водоудерживающей способности и дисперсности почв // Почвоведение. 2018. № 7. С. 836-851.
7. Шеин Е. В. Теоретические основы гидрологии почв в трудах А. А. Роде и современные подходы к описанию движения и равновесия влаги в почвах // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2016. № 83. С. 11-21.
8. A pH based pedotransfer function for scaling saturated hydraulic conductivity reduction: Improved estimation of hydraulic dynamics in HYDRUS / A. Ali, A. J. W. Biggs, J. Šimůnek, J. McL. Bennett // Vadose Zone Journal. 2020. V. 18(1). 190072. doi: 10.2136/vzj2019.07.0072
9. Modeling of horizontal water redistribution in an unsaturated soil / L. Zhuang, S. M. Hasanizadeh, M. Th. van Genuchten, A. Leijnse, A. Raoof, C. Qin // Vadose Zone J. 2016. V. 15(3). doi: 10.2136/vzj2015.08.0109
10. Šimůnek J., van Genuchten M. Th., Šejna M. The HYDRUS Software Package for Simulating the Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media // Technical Manual. Prague: PC-Progress, 2018.
11. Šimůnek J., van Genuchten M. Th., Šejna M. Recent developments and applications of the HYDRUS computer software packages // Vadose Zone Journal. 2016. V. 15(8), P. 25. doi: 10.2136/vzj2016.04.0033

Conclusions. Thus, practical conclusions can be drawn from the above results. The dependence of the moisture conductivity on the moisture content in the soil, as well as the basic hydrophysical characteristics restored with its help, allow solving problems associated with the vertical movement of moisture in unsaturated soils. If we solve the modified Darcy equation in numerical form, using small time steps along the vertical (depth) for each of the elementary soil layers of the horizon, it is possible to determine the distribution of moisture in the upper profile, taking into account the initial and boundary conditions: precipitation flow, consumption for irrigation and transpiration by plants, etc. The data of such studies will undoubtedly be useful in the development of irrigation systems, in determining the required capacities of irrigation structures associated with the optimal water consumption during irrigation. The restoration of WGC and soil moisture conductivity are necessary for the effective use of irrigation water and planning of water rec-

lamation. The concept of semi-empirical methods for studying the hydrophysical properties of soils and mathematical modeling considered in the article is a new, in our opinion, approach to studying the physical nature of hydrological soil processes.

Reference

1. Agrofizika: monografiya / E. V. Shein, M. A. Mazirov, S. I. Zinchenko, V. M. Goncharov A. A. Korchagin, A. B. Umarov, E. Yu. Milanovskij. Ivanovo: Izdatel'sko-poligraficheskij kompleks "PresSto", 2016. 124 p.
2. Melihova E. V. Matematicheskoe modelirovanie processov vlagoperenosa pri kapel'nom i vnutripochvennom oroshenii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 1 (41). P. 228-234.
3. Modelirovanie osnovnoj gidrofizicheskoy harakteristiki chernozemov Altajskogo kraya / A. G. Bolotov, S. N. Dubskij, A. N. Shatalov, A. N. Shatalov, I. N. Butyrin, E. N. Kuznecov, I. A. Goncharov, N. A. Goncharov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 2. P. 31-35.
4. Salugin A. N. Vosstanovlenie gidrofizicheskikh harakteristik pochv s pomosh'yu matematicheskogo modelirovaniya // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2017. № 66(2). P. 205-209.
5. Salugin A. N. Primenenie osnovnykh gidrofizicheskikh harakteristik dlya modelirovaniya vertikal'nogo dvizheniya vlagi v zone a[r]acii // Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2(49). P. 58-65.
6. Smagin A. V. K termodinamicheskoy teorii vodoudержivayuschej sposobnosti i dispersnosti pochv // Pochvovedenie. 2018. № 7. P. 836-851.
7. Shein E. V. Teoreticheskie osnovy gidrologii pochv v trudah A. A. Rode i sovremennye podhody k opisaniyu dvizheniya i ravnovesiya vlagi v pochvah // Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva. 2016. № 83. P. 11-21.
8. A pH based pedotransfer function for scaling saturated hydraulic conductivity reduction: Improved estimation of hydraulic dynamics in HYDRUS / A. Ali, A. J. W. Biggs, J. Šimůnek, J. McL. Bennett // Vadose Zone Journal. 2020. V. 18(1). 190072. doi: 10.2136/vzj2019.07.0072
9. Modeling of horizontal water redistribution in an unsaturated soil / L. Zhuang, S. M. Hasanizadeh, M. Th. van Genuchten, A. Leijnse, A. Raoof, C. Qin // Vadose Zone J. 2016. V. 15(3). doi: 10.2136/vzj2015.08.0109
10. Šimůnek J., van Genuchten M. Th., Šejna M. The HYDRUS Software Package for Simulating the Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media // Technical Manual. Prague: PC-Progress, 2018.
11. Šimůnek J., van Genuchten M. Th., Šejna M. Recent developments and applications of the HYDRUS computer software packages // Vadose Zone Journal. 2016. V. 15(8), P. 25. doi: 10.2136/vzj2016.04.0033

Author information

Salugin Alexander Nikolaevich, chief researcher of the laboratory of hydrology agroecological and adaptive environmental management FNTS Agroecology Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, PR-t Universitetskij, 97), candidate of physico-mathematical Sciences, doctor of agricultural Sciences. E-mail: saluginan@mail.ru

Ryzhova Tatyana Anatoljevna, post-graduate student of the Department of Mathematical modeling and Informatics (26 Universitetskij Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation) <https://orcid.org/0000-0001-5471-2474>, trud-vgsxa@yandex.ru

Информация об авторах

Салугин Александр Николаевич, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат физико-математических наук, доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: saluginan@mail.ru

Рыжова Татьяна Анатольевна, аспирант кафедры «Математическое моделирование и информатика» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26.) <https://orcid.org/0000-0001-5471-2474>, trud-vgsxa@yandex.ru.

ANTAGONISTS OF BACTERIAL ORIGIN – MOLECULAR AND GENETIC IDENTIFICATION AND CERTIFICATION IN PLANT PROTECTION

V. P. Terletskiy

*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Institute of Plant Protection»,
St. Petersburg, Russia*

Received 15.05.2020

Submitted 14.08.2020

*The studies were carried out as part of the implementation of project No.0665-2019-0019
«Development of ecological and genetic basis for selection of strains of microbial antagonists, entomopathogenic fungi and nematodes; development of technology of generation and application of new polyfunctional biopreparations for control over harmful organisms (pests, pathogens) and for increasing soil suppressiveness»*

Summary

The article presents the results of validation of genotyping technique based on idea of double digest and selective label of microorganism genomic DNA for strain identification and certification of commercially used antagonists of bacterial origin. Genetic certification is a valuable tool in resolving copyright dispute issues and can be used for elucidation of genetic variability in collections of field bacterial isolates.

Abstract

Introduction. In recent years, much attention has been paid to the production of environmentally friendly agricultural products. This is due to the accumulation of data on the harmful health effects while consuming chemically contaminated products. As an alternative to the use of chemical plant protection reagents, biological methods of suppressing the activity of phytopathogens and harmful insects are considered. These biological agents include bacteria of *Streptomyces* group, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, *X. nematophila* and others. Certain strains of these bacteria have demonstrated antagonistic activity useful in the development of effective biopreparations as biocontrol agents in plant protection schemes. Industrial production of such biopreparations is associated with the need for regular quality control of bacterial strains. First of all, this concerns the confirmation of the identity of the strain of the bacterial antagonist to previously developed original strain. The most reliable way to confirm is to apply genetic methods that take into account changes in the structure of DNA. Currently, there are many molecular genetic identification methods based on the digestion of DNA by enzymes, polymerase chain reaction and DNA sequencing. **Object.** The object of the study are strains of several types of bacteria used as antagonists of phytopathogenic organisms. **Materials and methods.** The proposed method of genetic certification of bacterial strains is based on double digest and selective label of DNA fragments (DDSL). This method was originally developed for clinical isolates of a number of human and animal pathogens. The essence of the proposed method consists in the use of two restriction endonucleases and simultaneous labeling of the obtained DNA fragments of the bacterium with biotinylated deoxycytosine triphosphate (Bio-dctp). The digest of DNA by the first endonuclease leads to the formation of 3'-recessed ends of the fragments, which in fill-in reaction using Taq polymerase incorporate the Bio-dctp tag. Simultaneous digest of DNA by a second endonuclease results in blunt ends or 3'-protruding ends that cannot include a label (polymerization always goes from 5' to 3' end). Thus, a limited number of labeled DNA fragments will be present in the reaction, which, after electrophoresis in a conventional agarose gel and transfer to a filter, are visualized as clearly visible colored bands. **Results and conclusion.** The number of detectable bands on the filter is determined by the number of DNA recognition and digestion sites by the first restriction endonuclease. In our case, when using a pair of *SgsI*/*Eco24I* enzymes in *B. thuringiensis*, only a few bands were detected, which is explained by a small number of recognition sites in this genome by the *SgsI* enzyme. Too few such sites lead to a decrease in the information content of the genetic profile. The combination of *SgsI*/*Eco32I* enzymes in *B. subtilis* and *X. nematophila* led to the detection of 20–40 bands. Using the proposed method of genotyping not only allows identification of bacterial strains, but also reveals the

genetic diversity of the population of a microorganism of this species in nature. Preliminary work allowed us to select the optimal combination of enzymes for DNA digestion and to apply the best reaction conditions for the genotyping of antagonistic bacteria. The resulting "barcode" is a proof (certification) of the identity in the compared bacteria. Genetic certification should become necessary element in the control of biopreparation quality and in resolving dispute issues of copyright concerning strains of antagonistic bacteria developed and proposed for commercial production.

Key words: *genotyping, DNA fragments, certification, antagonistic strains.*

Citation. Terletskiy V.P. Antagonists of bacterial origin – molecular and genetic identification and certification in plant protection. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 163-173 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-16.

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

УДК 579.64:632

АНТАГОНИСТЫ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ – МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

В. П. Терлецкий, доктор биологических наук, профессор

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»,
г. Санкт-Петербург

Дата поступления в редакцию 15.05.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Работа выполнена по теме Государственного задания 0665-2019-0019 «Разработка эколого-генетических основ отбора штаммов микробов-антагонистов, энтомопатогенных грибов и нематод; разработка технологий получения и применения новых полифункциональных препаратов для контроля численности вредных организмов (вредители, возбудители болезней) и повышения супрессивности почвы»

Актуальность. В последние годы получению экологически чистой сельскохозяйственной продукции уделяют большое внимание. Связано это с накоплением данных о вреде для здоровья употребления в пищу загрязненной химикатами продуктов. В качестве альтернативы использованию химических средств защиты растений рассматривают биологические методы подавления активности фитопатогенов и вредных насекомых. К таким биологическим агентам относят бактерии группы *Streptomyces*, *B.subtilis*, *B.thuringiensis*, *X.nematophila* и др. Отдельные штаммы этих бактерий хорошо зарекомендовали себя как антагонисты в разработке эффективных биопрепаратов в биологической защите растений. Промышленное производство таких биопрепаратов сопряжено с необходимостью регулярного контроля качества выпускаемой продукции. Прежде всего, это касается подтверждения идентичности штамма бактерии-антагониста разработанному ранее оригиналу. Самым надежным способом подтверждения являются генетические методы, учитывающие изменения в структуре ДНК. В настоящее время существует множество методов молекулярно-генетической идентификации, основанных на расщеплении ДНК ферментами, полимеразной цепной реакции и секвенировании ДНК. Объект. Объектом исследования являются штаммы нескольких видов бактерий, используемых в качестве антагонистов фитопатогенных организмов. Материалы и методы. Предложенный к использованию метод генетической паспортизации бактериальных штаммов основан на двойном расщеплении и избирательном мечении фрагментов ДНК (ДРИМ). Данный метод изначально был разработан для клинических изолятов ряда патогенов человека и животных. Суть предлагаемого метода состоит в использовании двух эндонуклеаз рестрикции и одновременном мечении получаемых фрагментов ДНК бактерии биотинилированным дезоксицитозин трифосфатом (Bio-dCTP). Расщепление ДНК первой эндонуклеазой приводит к образованию 3'-усеченных концов фрагментов, которые в реакции заполнения с помощью Taq-полимеразы включают метку Bio-dCTP. Одновременное расщепление ДНК второй эндонуклеазой имеет результатом тупые концы либо 3'-выступающие концы, которые не могут включать метку (полимери-

зация всегда идет в направлении от 5' к 3' концу). Таким образом, в реакции будут присутствовать ограниченное число меченых фрагментов ДНК, которые после электрофореза в обычном агарозном геле и переноса на фильтр, визуализируются в виде четко различимых окрашенных полос. Результаты и выводы. Количество выявляемых полос на фильтре определяется числом сайтов расщепления ДНК первой эндонуклеазой рестрикции. В нашем случае при использовании пары ферментов SgsI/Eco24I у *B.thuringiensis* выявлялось всего несколько полос, что связано с малым числом сайтов расщепления в этом геноме ферментом SgsI. Слишком малое число таких сайтов приводит к снижению информативности генетического профиля. Комбинация ферментов SgsI/Eco32I у *B.subtilis* и *X.nematophila* привела к детекции 20-40 полос. Использование предлагаемого метода генотипирования не только позволяет провести идентификацию бактериальных штаммов, но и оценить генетическое разнообразие популяции микроорганизма данного вида в природе. Предварительная работа позволила найти оптимальную комбинацию ферментов для расщепления ДНК и подобрать условия проведения процедуры генотипирования бактерий-антагонистов фитопатогенов. Получаемый «штрих-код» является доказательством (опровержением) идентичности сравниваемых бактерий. Генетическая паспортизация должна стать необходимым элементом в контроле качества продукции и при решении спорных вопросов об авторских правах на разработанные и предложенные производству штаммы бактерий-антагонистов.

Ключевые слова: бактерии-антагонисты, генотипирование бактерий-антагонистов, защита растений, паспортизация бактериальных штаммов, штаммы-антагонисты.

Цитирование. Терлецкий В. П. Антагонисты бактериальной природы – молекулярно-генетическая идентификация и паспортизация в защите растений. *Известия НВ АУК*. 2020. 163-173. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-16.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Широкое и бесконтрольное применение пестицидов химической природы в сельскохозяйственном производстве привело к накоплению в почве значительных концентраций вредных веществ, некоторые из них обладают канцерогенной активностью. Поэтому в последние годы в ряде стран, в том числе в России, особое внимание уделяется разработке и применению альтернативных способов борьбы с фитопатогенными микроорганизмами и вредителями, которые зачастую не уступают по эффективности и рентабельности использования химическим средствам [1]. В частности, на рынке появляются биопрепараты с полифункциональным механизмом действия и комплексные препараты, включающие микробы-антагонисты и хитозан [5]. Ученые уже давно заметили, что отдельные микроорганизмы способны подавлять рост и размножение фитопатогенов. Например, этими свойствами обладают некоторые штаммы *B.subtilis*, *B.thuringiensis*, стрептомицеты, грибы и т.д. [2, 4]. В литературе имеется множество указаний на эффективность применения бактерий-антагонистов в защите сельскохозяйственных растений многих видов, таких как перец, рис и др. [8, 10]. Эффективность подавления патогена достигает 84,4%. Кроме этого, антагонисты повышают резистентность посредством индукции синтеза ферментов с антиоксидантной активностью [10]. Биологические средства иногда рекомендуют использовать совместно с традиционными химическими [6].

Молекулярные механизмы подавления фитопатогенов и вредных насекомых включают в себя выработку антагонистами антимикробных веществ, фермента хитиназы, который разрушает покров членистоногих вредителей, конкуренцию за питательные вещества. В числе соединений, вызывающих разрушение клеточной стенки грибов, называют сурфактин, итурин и фенгицин [8].

Интересным представляется использование в защите растений грам-отрицательной бактерии *Xenorhabdus nematophila*, которая обитает в пищеварительном тракте нематод и при инвазии жесткокрылых насекомых выходит в кишечник

последних, приводя к их гибели. В результате нематоды получают необходимую им пищу, а бактерии имеют возможность распространяться во внешней среде, используя нематоду как вектор [3].

В процессе производства биопрепарата есть риск попадания в реактор других менее активных штаммов данного микроорганизма либо контаминация совершенно другими видами, способными вытеснить оригинальный полезный штамм в процессе размножения. Зачастую доказать идентичность выпускаемого бактериального биопрепарата оригиналу по фенотипическим свойствам (микроскопия, биохимические свойства, потребности в питательных веществах и т.д.) затруднительно. Здесь на помощь приходят современные молекулярно-генетические методы, вскрывающие генетические особенности каждого штамма [7].

Видовая принадлежность бактерий обычно определяется секвенированием генов 16S РНК, в некоторых случаях удается достичь разрешения на уровне штаммов. Например, путем частичного секвенирования генов 16S РНК бактериальные изоляты отнесли к видам *Bacillus safensis* (CQ1), *Bacillus subtilis* (CQ2), *Bacillus tequilensis* (CQ3), которые были эффективными в отношении личинок некоторых вредных насекомых, однако внутривидового уровня дискриминации достигнуто не было [9]. Работа с *Xenorhabdus nematophila*, экспрессирующая бинарный токсин PirAB, обладающий инсектицидной активностью, также проводится с проведением секвенирования генов 16S РНК [11]. В литературе появились сообщения, что широко используемая в биозащите бактерия *Bacillus thuringiensis* (Bt) может приводить к диарее у людей, наподобие заболевания, вызываемого близкородственной бактерий *B. cereus*. Появились даже утверждения, что эти два вида бактерий неразличимы друг от друга. Однако в последние годы такой риск не подтвержден. Более того, доказывается, что штаммы Bt, являясь инсектицидными, абсолютно безвредны для млекопитающих, а использование современных методов генотипирования, таких как мультилокусное секвенирование (MLST), способно дискриминировать эти два вида. MLST-анализ показал, что ни один из 2000 изолятов, проанализированных секвенированием, не был причиной диареи [12]. MLST сейчас используется для генотипирования различных видов бактерий, в частности, *Bacillus thuringiensis*. В последнем случае часто используют семь генов «домашнего хозяйства» *glpF*, *gmK*, *ilvD*, *pta*, *pur*, *pycA* и *tpi*. В недавней работе попытались установить связь между генотипами MLST и серотипами бактерии. Оказалось, что в ряде случаев связь отсутствовала [13]. Таким образом, данный метод генотипирования не полностью вскрывает генетические особенности отдельных изолятов.

Генетическая идентификация на уровне бактериального штамма с целью его паспорттизации является более сложной задачей и требует использования высокоразрешающих методов. К широко известным методам можно отнести метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) со случайными праймерами (RAPD). Данный метод технически очень прост, позволяет получить «штрих-коды» достаточно быстро, однако имеет серьезные недостатки, к которым можно отнести недостаточную информативность по индексу дискриминации (способность различать штаммы) и низкую воспроизводимость. Гораздо более сложным методом генотипирования штаммов является метод, основанный на пульс-гель электрофорезе. Подход является популярным в превентивной медицине для выявления путей распространения инфекции и идентификации источника патогена. Его использование ограничено высокой стоимостью необходимого оборудования, значительными трудозатратами на проведение анализа и длительностью процедуры. Тем не менее, его до сих пор называют «золотым стандартом» генотипирования благодаря высокому индексу дискриминации.

Материалы и методы. В лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ ВИЗР разрабатываются и используются методы идентификации и паспортизации бактериальных штаммов [7]. В частности, предложена идея двойного расщепления и избирательного мечения (ДРИМ) фрагментов ДНК (рисунок 1), которая ранее доказала свою эффективность для клинических изолятов патогенных бактерий, а также в отношении штаммов-антагонистов фитопатогенов. В работе использовали культуры *B.subtilis*, *B.thuringiensis* и *X.nematophila* для оценки потенциала метода генотипирования ДРИМ для дискриминации этих видов на уровне штаммов.

Первым этапом работы была оптимизация процедуры выделения геномной ДНК из грам-положительных микроорганизмов *B.thuringiensis* и *B.subtilis*. Особенности строения клеточной стенки, которая обладает резистентностью к лизису в обычных буферах, предполагает использование специальных лизирующих ферментов, таких как лизоцим. Для этого микроорганизм культивируют в среде с целью получения чистой культуры. Был исследован ряд подходов к выделению ДНК и метод, основанный на использовании лизоцима для разрушения клеточной стенки, оказался наиболее эффективным. Выделение ДНК из *X.nematophila* проводили аналогичным образом, за исключением использования лизоцима.

К настоящему времени геномы изучаемых бактерий полностью секвенированы, то есть известна их полная нуклеотидная последовательность. Это облегчает задачу подбора пар ферментов рестрикции для расщепления и последующего избирательного мечения фрагментов ДНК. Для этого мы используем доступную в Интернете программу (<http://insilico.chu.es/DDSL>).

В реакции ДРИМ одновременно используется две эндонуклеазы рестрикции. Поиск in-silico выявил, что лучшей первой эндонуклеазой рестрикции для *X.nematophila* является SgsI, имеющая сайт узнавания и расщепления GG↓CGCGCC. Этот же фермент может быть использован и для *B.subtilis* и *B.thuringiensis*, однако в последнем случае имеется всего несколько сайтов расщепления и, соответственно, можно ожидать ограниченное число меченых фрагментов ДНК.

В целом, первый фермент должен производить небольшое число фрагментов ДНК с «липкими» (3-штрих усеченными) концами в соответствующих геномах. Эти фрагменты метятся биотинилированным дезоксицитозин трифосфатом (Bio-dCTP) с помощью Taq-полимеразы. Получаемые фрагменты ДНК не могут быть разделены в обычном агарозном геле, так как являются слишком большими. Поэтому в реакцию одновременно вводили вторую эндонуклеазу рестрикции – Eco24I для *B.thuringiensis* и Eco32I для *X.nematophila*. В обоих геномах имеется около 1000 сайтов расщепления для этих ферментов. В результате такого двойного расщепления размер фрагментов ДНК уменьшается и является оптимальным для разделения в агарозном геле. Особенностью второго фермента является то, что получаемые фрагменты ДНК имеют тупые концы либо 5-штрих усеченные, которые не могут включить метку Bio-dCTP. Таким образом, в реакционной смеси присутствует небольшое количество содержащих метку фрагментов ДНК, которые разделяются по размеру в процессе электрофореза и затем визуализируются на фильтре (рисунок 1).

В качестве маркера длин фрагментов ДНК использовали ДНК фага лямбда, расщепленную двумя эндонуклеазами рестрикции – BstEII и HindIII, которые метили Bio-dCTP с помощью Taq-полимеразы в реакции заполнения (fill-in reaction).

Двойное расщепление и избирательное мечение проводится внесением в реакционную пробирку соответствующих количеств дистиллированной воды, 10-кратного буфера для обеих эндонуклеаз рестрикции, бактериальной ДНК и ферментной смеси (две эндонуклеазы рестрикции, Taq-полимеразы и Bio-dCТР). Смесь инкубировали в течение 1 часа при 37 °С. Возможно использование быстрого протокола «Fast digest», уменьшающего время реакции до 5 минут. После проведения ферментативной реакции проводили электрофорез в 0,8 % агарозном геле в течение 16 часов при постоянном напряжении 50В. Фрагменты ДНК, разделенные по размеру, переносили на нейлоновый фильтр, используя установку вакуумного переноса. Процесс происходил в воде, т.к. денатурация и нейтрализация ДНК не требуется. Детекцию фрагментов ДНК на фильтре проводили с помощью цветной химической реакции, основанной на выявлении щелочной фосфатазы с применением реагентов NBT и BCIP (Thermo Fisher Scientific). В результате меченые фрагменты ДНК окрашиваются в интенсивный синий цвет, формируя полосы на фильтре (генетический профиль, «штрих-код»).

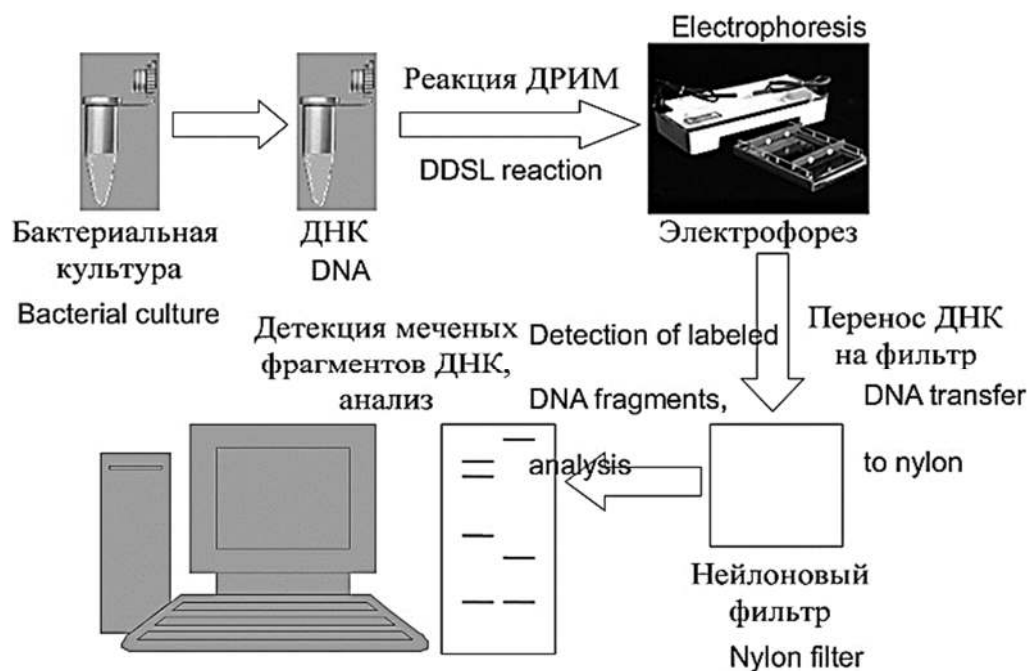


Рисунок 1 – Схема проведения генотипирования (паспортизации) бактериальных штаммов

Figure 1 – Scheme of conducting genotyping (certification) of bacterial strains

Результаты и обсуждение. Размер выявляемых фрагментов ДНК в маркере длин фрагментов варьировал от 1929 до 23 130 пар оснований. Генотипирование пяти штаммов *B. subtilis*, которые используются в качестве активного компонента в промышленно выпускаемых биопрепаратах, позволило идентифицировать идентичные штаммы 1 и 2, 3 и 4, а также штамм B10 (рисунок 2, дорожка под номером 5).

Генотипирование штаммов *B. thuringiensis* выявило 2 группы (Е/П, Е, Т и 14, 75). Значительные генетические отличия выявлены в штаммах Л и 10 с уникальным генетическим профилем. В качестве контрольного штамма использовали коллекционный штамм M22 сенной палочки (рисунок 3).

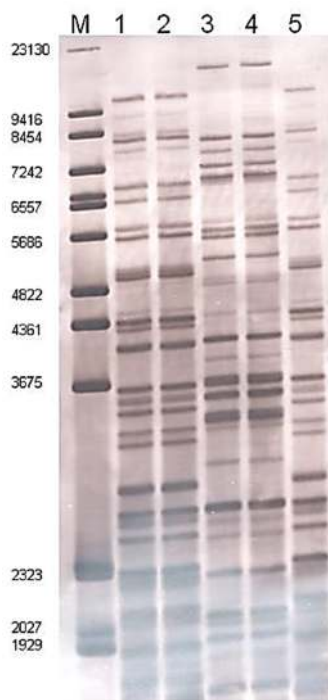


Рисунок 2 – Генотипирование методом ДРИМ пяти штаммов *B. subtilis* с использованием ферментов SgsI/Eco32I, М – маркер длин фрагментов ДНК

Figure 2 – Genotyping by DDSL technique of five *B. subtilis* isolates using SgsI/Eco32I enzymes, М – DNA fragment size marker

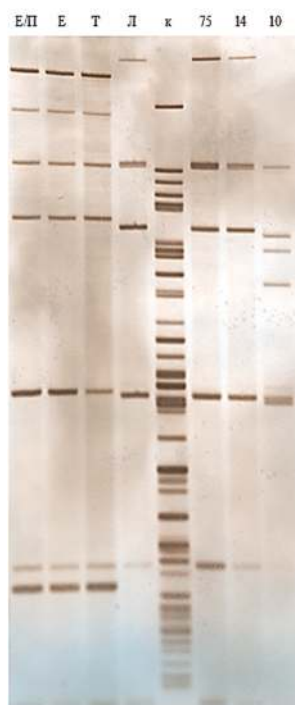


Рисунок 3 – Генетические профили штаммов *B. thuringiensis*, выявляемые парой ферментов SgsI/Eco24I, ДНК, к – контрольный штамм (штамм B10 *B. subtilis*, ферменты SgsI/Eco32I)

Figure 3 – Genetic profiles of *B. thuringiensis* strains revealed by SgsI/Eco24I pair of enzymes, к – control strain (B10 strain of *B. subtilis*, SgsI/Eco32I enzymes)

В связи с тем, что фермент SgsI имеет всего несколько сайтов расщепления в геноме *B.thuringiensis*, на генетическом профиле видно небольшое число фрагментов ДНК. Такое число фрагментов не позволяет добиться высокого разрешения при идентификации бактериальных штаммов. Например, штаммы Л, 14 и 75, а также Е/П, Е и Т не различимы между собой (рисунок 3), в то же время полученные нами ранее данные генотипирования с большим числом фрагментов (ферменты SgrAI/Eco24I) указывают на идентичность только двух штаммов - Е/П и Е, в то время как остальные штаммы отличаются друг от друга. Рассмотрение генетических профилей указывает на относительную удаленность штамма В10. Это наблюдение соответствует данным по культуральным и биохимическим свойствам данного штамма.

В генотипировании методом ДРИМ *Xenorhabdus nematophila* было использовано 3 изолята бактерии, выделенные из разных источников, – J, П и С/3 (рисунок 4). Штамм J генетически сильно отличается от двух других, которые оказались генетически идентичными. Другие свойства последних двух штаммов также указывают на их близость.

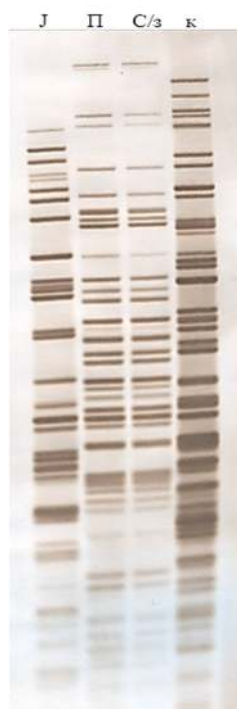


Рисунок 4 – Генетические профили трех штаммов *X.nematophila*, выявляемые парой ферментов SgsI/Eco32I, к – контрольный образец (штамм M22 *B.subtilis*, ферменты SgsI/Eco32I)

Figure 4 – Genetic profiles of three *X.nematophila* strains revealed by SgsI/Eco32I pair of enzymes, к – control strain (M22 strain of *B.subtilis*, SgsI/Eco32I enzymes)

Распределение фрагментов ДНК в изолятах *X.nematophila* П и С/3 говорит либо об их полной генетической идентичности, либо о высокой степени генетической близости. Не исключено, что, используя другие методы генотипирования, удастся их различить. Вероятно, они отличаются друг от друга на уровне всего одного или нескольких генов, которые ускользают при скрининге с ограниченным числом выявляемых геномных локусов. При появлении генетических различий между штаммами в процессе эволюции, методы генотипирования начинают улавливать эти изменения в последовательности ДНК. Естественно, чем большее число фрагментов ДНК учитывается, тем боль-

шее разрешение имеет данный метод. Метод ДРИМ позволяет идентифицировать одновременно до 40 фрагментов ДНК, что является рекордным показателем для методов генотипирования, основанных на полиморфизме длин рестрикционных фрагментов (RAPD – 5-10 фрагментов, PFGE – 15-20 фрагментов). Секвенирование ДНК выявляет любые изменения в последовательностях нуклеотидов, однако при этом ускользают другие важные изменения в геномах, такие как паттерны метилирования. Методы генотипирования, основанные на использовании эндонуклеаз рестрикции, способны детектировать изменения в метилировании, что придает им особую ценность.

Выводы. Таким образом, предлагаемый способ идентификации бактериальных штаммов является удобным инструментом паспортизации бактерий с антагонистической активностью. Последние часто используются в качестве основы в разработке и производстве биопрепаратов для защиты растений от патогенных микроорганизмов и вредителей. При подборе ферментов рестрикции нужно обращать внимание на число сайтов расщепления первой эндонуклеазой рестрикции в изучаемом геноме. Слишком малое число таких сайтов приводит к снижению информативности генетического профиля.

Библиографический список

1. Биологическая и химическая защита картофеля от болезней / М. К. Деревягина, С. В. Васильева, В. Н. Зейрук, Г. Л. Белов // *Агрохимический вестник*. 2018. №5. С. 65-68.
2. Биологическая эффективность новых биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для контроля возбудителей болезней картофеля при вегетации и хранении клубней / И. И. Новикова, Ю. А. Титова, И. В. Бойкова, В. Н. Зейрук, И. Л. Краснобаева // *Биотехнология*. 2017. Т. 33. № 6. С. 68-76. DOI: 10.21519/0234-2758-2017-33-6-68-76.
3. Данилов Л. Г., Павлюшин В. А. Состояние, перспективы изучения и практического использования энтомопатогенных нематод (Steinernematidae) и их симбиотических бактерий (*Xenorhabdus*) против насекомых и возбудителей заболеваний растений // *Вестник защиты растений*. 2015. № 3(85). С. 10-15.
4. Мультибиоконверсионные твердофазные биопрепараты нового поколения на основе *Bacillus subtilis* и *Trichoderma asperellum* повышают эффективность защиты картофеля от фитофтороза / Ю. А. Титова, И. И. Новикова, И. В. Бойкова, В. А. Павлюшин, И. Л. Краснобаева // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. № 5. С. 1002-1013. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.1002rus.
5. Оценка эффективности совместного применения хитозана и микробов-антагонистов в защите яровой мягкой пшеницы от болезней с использованием спектрометрического анализа / Л. Е. Колесников, И. И. Новикова, В. Г. Сурин, Э. В. Попова, Н. С. Прияткин, Ю. Р. Колесникова // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2018. Т. 54. № 5. С. 546-552. DOI: 10.1134/S0555109918050082.
6. Совместное применение микробного препарата биоконкомпозит-коррект и химического фунгицида / С. Д. Каракотов, Н. В. Аршава, К. Н. Божко, Е. В. Желтова // *Защита и карантин растений*. 2019. № 9. С. 13-15.
7. Эффективный метод генетической паспортизации штаммов *Bacillus subtilis* – перспективных продуцентов биопрепаратов / В. П. Терлецкий, В. И. Тыщенко, И. И. Новикова, И. В. Бойкова, С. Д. Тюлебаев, И. Я. Шахтамиров // *Микробиология*. 2016. Т. 85. № 1. С. 50-55. DOI:10.7868/S0026365616010134.
8. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* via Induction of the Defense Mechanism and Antimicrobial Compounds Produced by *Bacillus subtilis* SL-44 on Pepper (*Capsicum annuum* L.) / Z. Wu, Y. Huang, Y. Li, J. Dong, X. Liu, C. Li // *Front. Microbiol.* 2019. V. 10. P. 2676. DOI: 10.3389/fmicb.2019.02676. eCollection 2019.
9. Highly effective bacterial agents against *Cimbex quadrimaculatus* (Hymenoptera: Cimbicidae): isolation of bacteria and their insecticidal activities / F. O. Cakici, I. Ozgen, H. Bolu, Z. Erbas, Z. Demirbag, I. Demir // *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2015. V. 31. N1. P. 59-67. DOI: 10.1007/s11274-014-1764-3.

10. Jamali H., Sharma A., Roohi S.A.R. Biocontrol potential of *Bacillus subtilis* RH5 against sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani* // J. Basic Microbiol. 2020. V. 60. N3. P. 268-280. DOI: 10.1002/jobm.201900347.

11. PirAB protein from *Xenorhabdus nematophila* HB310 exhibits a binary toxin with insecticidal activity and cytotoxicity in *Galleria mellonella* / Q. Yang, J. Zhang, T. Li, S. Liu, P. Song, Z. Nangong, Q. Wang // J. Invertebr. Pathol. 2017. V. 148. P. 43-50. DOI: 10.1016/j.jip.2017.04.007.

12. Raymond B., Federici A. In defense of *Bacillus thuringiensis*, the safest and most successful microbial insecticide available to humanity - a response to EFSA // FEMS Microbiol. Ecol. 2017. V. 93. N7. DOI: 10.1093/femsec/fix084.

13. Systematic characterization of *Bacillus* Genetic Stock Center *Bacillus thuringiensis* strains using Multi-Locus Sequence Typing / K. Wang, C. Shu, M. Soberón, A. Bravo, J. Zhang // J. Invertebr. Pathol. 2018. V. 155. P. 5-13. DOI: 10.1016/j.jip.2018.04.009.

Conclusions. Thus, the proposed method for identifying bacterial strains is a convenient tool for certification of bacteria with antagonistic activity. The latter are often used as a basis in the development and production of biological products to protect plants from pathogenic microorganisms and pests. When selecting restriction enzymes, attention should be paid to the number of recognition sites of the first restriction endonuclease in the studied genome. Too few such sites lead to a decrease in the information content of the genetic profile.

Reference

1. Biologicheskaya i himicheskaya zaschita kartofelya ot boleznej / M. K. Derevyagina, S. V. Vasil'eva, V. N. Zejruk, G. L. Belov // Agrohimicheskij vestnik. 2018. №5. P. 65-68.

2. Biologicheskaya jeffektivnost' novyh biopreparatov na osnove mikrobov-antagonistov dlya kontrolya vzbuditelej boleznej kartofelya pri vegetacii i hranenii klubnej / I. I. Novikova, Yu. A. Titova, I. V. Bojkova, V. N. Zejruk, I. L. Krasnobaeva // Biotehnologiya. 2017. Vol. 33. № 6. P. 68-76. DOI: 10.21519/0234-2758-2017-33-6-68-76.

3. Danilov L. G., Pavlyushin V. A. Sostoyanie, perspektivy izucheniya i prakticheskogo ispol'zovaniya jentomopatogennyh nematod (Steinernematidae) i ih simbioticheskikh bakterij (*Xenorhabdus*) protiv nasekomyh i vzbuditelej zabojevanij rastenij // Vestnik zaschity rastenij. 2015. № 3(85). P. 10-15.

4. Mul'tibiokonversionnye tverdogaznye biopreparaty novogo pokoleniya na osnove *Bacillus subtilis* i *Trichoderma asperellum* povyshayut jeffektivnost' zaschity kartofelya ot fitoftoroza / Yu. A. Titova, I. I. Novikova, I. V. Bojkova, V. A. Pavlyushin, I. L. Krasnobaeva // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. Vol. 54. № 5. P. 1002-1013. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.1002rus.

5. Ocenka jeffektivnosti sovmestnogo primeneniya hitozana i mikrobov-antagonistov v zaschite yarovoj myagkoj pshenicy ot boleznej s ispol'zovaniem spektrometricheskogo analiza / L. E. Kolesnikov, I. I. Novikova, V. G. Surin, Je. V. Popova, N. S. Priyatkin, Yu. R. Kolesnikova // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2018. Vol. 54. № 5. P. 546-552. DOI: 10.1134/S0555109918050082.

6. Sovmestnoe primeneniye mikrobnogo preparata biokompozit-korrekt i himicheskogo fungicida / S. D. Karakotov, N. V. Arshava, K. N. Bozhko, E. V. Zheltova // Zaschita i karantin rastenij. 2019. № 9. P. 13-15.

7. Effektivnyj metod geneticheskoy pasportizacii shtammov *Bacillus subtilis* - perspektivnyh producentov biopreparatov / V. P. Terleckij, V. I. Tyschenko, I. I. Novikova, I. V. Bojkova, S. D. Tyulebaev, I. Ya. Shahtamirov // Mikrobiologiya. 2016. Vol. 85. № 1. P. 50-55. DOI:10.7868/S0026365616010134.

8. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* via Induction of the Defense Mechanism and Antimicrobial Compounds Produced by *Bacillus subtilis* SL-44 on Pepper (*Capsicum annuum* L.) / Z. Wu, Y. Huang, Y. Li, J. Dong, X. Liu, C. Li // Front. Microbiol. 2019. Vol. 10. P. 2676. DOI: 10.3389/fmicb.2019.02676. eCollection 2019.

9. Highly effective bacterial agents against *Cimbex quadrimaculatus* (Hymenoptera: Cimbicidae): isolation of bacteria and their insecticidal activities / F. O. Cakici, I. Ozgen, H. Bolu, Z. Erbas, Z. Demirbağ, I. Demir // World J. Microbiol. Biotechnol. 2015. Vol. 31. N1. P. 59-67. DOI: 10.1007/s11274-014-1764-3.

10. Jamali H., Sharma A., Roohi S.A.R. Biocontrol potential of *Bacillus subtilis* RH5 against sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani* // J. Basic Microbiol. 2020. Vol. 60. N3. P. 268-280. DOI: 10.1002/jobm.201900347.

11. PirAB protein from *Xenorhabdus nematophila* HB310 exhibits a binary toxin with insecticidal activity and cytotoxicity in *Galleria mellonella* / Q. Yang, J. Zhang, T. Li, S. Liu, P. Song, Z. Nangong, Q. Wang // J. Invertebr. Pathol. 2017. Vol. 148. P. 43-50. DOI: 10.1016/j.jip.2017.04.007.

12. Raymond B., Federici A. In defense of *Bacillus thuringiensis*, the safest and most successful microbial insecticide available to humanity - a response to EFSA // FEMS Microbiol. Ecol. 2017. Vol. 93. N7. DOI: 10.1093/femsec/fix084.

13. Systematic characterization of *Bacillus* Genetic Stock Center *Bacillus thuringiensis* strains using Multi-Locus Sequence Typing / K. Wang, C. Shu, M. Soberón, A. Bravo, J. Zhang // J. Invertebr. Pathol. 2018. Vol. 155. P. 5-13. DOI: 10.1016/j.jip.2018.04.009.

Author Information

Terletskiy Valery Pavlovich, senior researcher of All-Russian Institute of Plant Protection (196608 Podbelskogo 3, St. Petersburg-Pushkin), Doctor of Biological Sciences, Professor, tel.: +7 921-558-7957, e-mail: valeriter@mail.ru

Информация об авторе

Терлецкий Валерий Павлович, старший научный сотрудник ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3), доктор биологических наук, профессор, тел. +7 921-558-7957, e-mail: valeriter@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-17

STRUCTURE OF PLANTING OF THE STATE PROTECTIVE FOREST BELT OF VORONEZH-ROSTOV-ON-DON ON ORDINARY CHERNOZEM SOILS

T. Y. Turchin¹, I. A. Bakanov²

¹*South European Scientific Research Forest Experimental Station - the branch of the «All-Russian Scientific Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization»*

²*Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K. Kortunov*

³*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University»*

Received 18.05.2020

Submitted 14.08.2020

Summary

The article presents the results of evaluating the structure of plantings in the area of common black soil on the State forest belt of Voronezh-Rostov-on-don within the boundaries of the Pavlovsky territorial forest area. The object of research is plantings of the Voronezh-Rostov-on-don state forest belt. In this area, stand, undergrowth, undergrowth, living ground cover, and soil were studied. Generalization of the results of the study of the rock composition, undergrowth, undergrowth and living ground cover allows us to identify 8 different types of plantings structure in the zone of ordinary black soil.

Abstract

Introduction. State protective forest belts are the regulator of the carbon balance in the surface layer of the atmosphere, have a positive effect on the soil structure, lower the levels of occurrence of salt horizons, increase the humus content, and improve other water-physical properties of the soil under and near plantations. **Object.** The structure of plantations of the State forest belt is Voronezh-Rostov-on-Don. Therefore, it is very important to study the modern structure of plantations of the state forest belt, which will allow planning the necessary measures to preserve and increase its functional value. **Materials and methods.** The object of research is the plantations of the Voronezh-Rostov-on-Don State forest belt, located on ordinary chernozem soils within the boundaries of the Pavlovsky's territorial forestry of the Voronezh region. On the right bank of the Don River (Belogoryevskoye and Podgorenskoye district foresters), stands of oak and its satellites (common ash, green ash, Norway maple) prevail, on the left (Pavlovskoye forestry), pine forests dominate on sandy soils. **Results and discussion.** In terms of species composition, pedunculate oak

stands dominate in the stands of the Voronezh-Rostov-on-Don State forest belt (44.0% of the covered area), the second place is occupied by pine forests (30.0%), the third are ash trees (12.5%), the fourth is birch forests (9.0%) and the remaining area (4.5%) is occupied by other species (Norway maple, small-leaved linden, field maple, apple tree, etc.), the age of the studied plantings varies from 56 to 70 years, the average height of the main layer is from 8 to 20 m, and the number of trees from 70-582 pieces per 1 ha. In terms of shape, more than 50% of the plantations under study have a complex structure, these are oak-ash (PP-1), oak-maple (PP-2, 6, 7), ash-oak-maple (PP-8), birch-ash (PP -3), birch-oak stands (PP-13). On trial plot No. 9, a simple in shape but mixed plantation was formed, where ash and oak are included in one tier, but the first is twice as large as the second in the number of trunks. On the rest of the test plots, simple pure oak (PP-11), ash (PP-5), pine (PP-10), birch (PP-4) and lime (PP-5) plantations were formed. The study of undergrowth (SDR) on the established test plots showed that it is present in most of them (PP 1-3, 6-8.11). Mostly, this is a pure undergrowth of Norway maple (composition 10 Klo; PP-2, 6-8) with a height of 0.5-5.0 m, with a range of average density (2.0-5.0 t / ha) and a fairly even distribution over the area (occurrence 70%). Large maple undergrowth is quite viable, slightly weakened, slightly suppressed and belongs to category 5. First of all, this can be explained by the bioecological ability of the sharp-leaved maple to withstand a dense shade from the upper forest canopy. At PP-3, we registered a large undergrowth of common ash under the canopy of a sparse old-growth plantation of birch with a height of 5.1 m in the amount of 4.0 thousand pieces / ha. In terms of quality, it has a satisfactory viability (category 4). The greatest diversity of the species composition of the undergrowth is observed in oak forests, especially in those mixed with ash and linden in plantations (PP-1.11). In particular, on PP-1, the undergrowth of ash, maple, linden and even pears of average density with a height of 2.1-4.5 m has a good perspective (4-6 category). From the point of view of continuous natural reforestation, such plantations are a kind of standards.

Key words: *State protective forest belt Voronezh-Rostov-on-Don, ordinary chernozem soils, plantation structure, composition, undergrowth.*

Citation. Turchin T. Y., Bakanov I. A. Structure of planting of the state protective forest belt of Voronezh – Rostov-on-Don on ordinary chernozem soils. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 173-181 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-17.

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

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

УДК 630*26:631.4

СТРУКТУРА НАСАЖДЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЗАЩИТНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ ВОРОНЕЖ – РОСТОВ-НА-ДОНУ НА ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЁМАХ

Т. Я. Турчин¹, доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
И. А. Баканов², аспирант

¹Южно-Европейская научная-исследовательская лесная опытная станция –
филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства
и механизации лесного хозяйства, Ростовская обл., Шолоховский р-н, ст. Вёшенская

²Новочеркасский Инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Дата поступления в редакцию 18.05. 2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Актуальность. Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП) являются регулятором углеродного баланса в приземном слое атмосферы, положительно влияют на структуру почвы, понижают уровни залегания солевых горизонтов, увеличивают содержание гумуса, улучшают другие водно-физические свойства почвы под насаждениями и вблизи них. **Объект.** Структура насаждений Гослесополосы Воронеж – Ростов-на-Дону. Следовательно, очень важно изучить современную

структуру насаждений гослесополосы, что позволит планировать необходимые мероприятия по сохранению и повышению её функциональной ценности. **Материалы и методы.** Объектом исследований являются насаждения гослесополосы Воронеж – Ростов-на-Дону, расположенные на обыкновенных чернозёмах в границах Павловского территориального лесничества Воронежской области. По правому берегу р. Дон (Белогорьевское и Подгоренское участковые лесничества) преобладают насаждения дуба и его спутников (ясеня обыкновенного, ясеня зелёного, клёна остролистного), по левому (Павловское лесничество) на песчаных почвах доминируют сосняки. **Результаты и обсуждение.** По породному составу в насаждениях гослесополосы Воронеж – Ростов-на-Дону доминируют древостои дуба черешчатого (44,0 % покрытой площади), второе место занимают сосняки (30,0 %), на третьем находятся ясенники (12,5 %), на четвёртом берёзняки (9,0 %) и оставшуюся площадь (4,5 %) занимают прочие породы (клён остролистный, липа мелколистная, клен полевой, яблоня, и др.) возраст исследуемых насаждений варьирует в диапазоне от 56 до 70 лет, средняя высота основного яруса от 8 до 20 м, а количество деревьев от 70-582 штук на 1 га. По форме более 50 % исследуемых насаждений имеет сложное строение, это дубово-ясеневого (ПП-1), дубово-кленовые (ПП-2, 6,7), ясенево-дубово-кленовые (ПП-8), берёзово-ясеневого (ПП-3), берёзово-дубовые древостои (ПП-13). На пробной площади № 9 сформировалось простое по форме, но смешанное насаждение, где ясень и дуб входят в один ярус, однако по числу стволов первый в два раза превосходит второго. На остальных пробных площадях сформировались простые чистые дубовые (ПП-11), ясеневого (ПП-5), сосновые (ПП-10), берёзовые (ПП-4) и липовые (ПП-5) насаждения. Изучение подроста (ПДР) на заложенных пробных площадях показало, что на большей части их он присутствует (ПП 1-3, 6-8,11). Преимущественно, это чистый подрост клёна остролистного (состав 10 Кло; ПП-2, 6-8) высотой 0,5-5,0 м, с диапазоном средней густоты (2,0-5,0 тыс. шт./га) и достаточно равномерным распределением по площади (встречаемость 70 %). Крупный подрост клёна достаточно жизнеспособный, малоослабленный, слабоугнетённый и относится к 5 категории. Прежде всего, это можно объяснить биоэкологической способностью клёна остролистного выдерживать густую тень от верхнего полога леса. На ПП-3 нами зарегистрирован крупный подрост ясеня обыкновенного под пологом разреженного старовозрастного насаждения берёзы высотой 5,1 м в количестве 4,0 тыс. шт./га. По качеству он имеет удовлетворительную жизнеспособность (4 категория). Наибольшее разнообразие видового состава подроста отмечается в дубравах, особенно в смешанных с ясенем и липой в насаждениях (ПП-1,11). В частности, на ПП-1 подрост ясеня, клёна, липы и даже груши средней густоты высотой 2,1-4,5 м имеет хорошую перспективу (4-6 категория). Такие насаждения с точки зрения непрерывного естественного лесовосстановления являются своеобразными эталонами.

Ключевые слова: защитные лесные полосы, чернозёмы обыкновенные, структура защитных лесных полос, лесовосстановление, видовой состав подроста.

Цитирование. Турчин Т. Я., Баканов И. А. Структура насаждений государственной защитной лесной полосы Воронеж – Ростов-на-Дону на обыкновенных чернозёмах. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 173-181. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-17.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП) являются регулятором углеродного баланса в приземном слое атмосферы, положительно влияют на структуру почвы, понижают уровни залегания солевых горизонтов, увеличивают содержание гумуса, улучшают другие водно-физические свойства почвы под насаждениями и вблизи них [2, 5, 9]. Гослесополоса Воронеж – Ростов-на-Дону является важным компонентом экологического каркаса территорий, особенно в малолесных областях степной зоны, где она входит в систему защитных лесных насаждений и способствует преобразованию степного сельскохозяйственного ландшафта в агролесоландшафт [10,

11]. Следовательно, очень важно изучить современную структуру насаждений гослесополосы, что позволит планировать необходимые мероприятия по сохранению и повышению её функциональной ценности.

Под структурой насаждений следует понимать взаимоувязанное расположение составляющих лесное насаждение компонентов, определяющее его морфологический облик, биологическую устойчивость, экологические, природоохранные, природоформирующие, санитарно-гигиенические, социальные и иные полезные свойства, а также хозяйственную ценность [3, 4].

Породный состав, долговечность и устойчивость древостоев в широкополосных насаждениях частично рассматривались отечественными и зарубежными учёными [1, 6, 7, 8].

Наиболее полно структура насаждений ГЗЛП изучена в условиях Волгоградской области. М. В. Костин в гослесополосах Калмыкия – Волгоград, Пенза – Каменск, Волгоград – Элиста – Черкесск применительно к почвенным условиям выделяет на обыкновенных чернозёмах 14 типов насаждений, на южных – 11, на каштановых почвах – 23, на светло-каштановых почвах – 19.

Исследований по структуре государственной защитной лесной полосы Воронеж-Ростов-на-Дону в литературе нет, что и явилось основанием для написания данной статьи.

Цель исследований – на основании аналитических материалов провести оценку структуры насаждений государственной защитной лесной полосы Воронеж – Ростов-на-Дону в районе чернозёмов обыкновенных.

Материалы и методы. Объектом исследований являются насаждения гослесополосы Воронеж-Ростов-на-Дону, расположенные на обыкновенных чернозёмах в границах Павловского территориального лесничества Воронежской области. По правому берегу р. Дон (Белогорьевское и Подгоренское участковые лесничества) преобладают насаждения дуба и его спутников (ясеня обыкновенного, ясеня зелёного, клёна остролистного), по левому (Павловское лесничество) на песчаных почвах доминируют сосняки.

Оценивая климатические условия района зональных чернозёмов обыкновенных, следует отметить, что летний период является жарким и сухим, а зимы умеренно-холодные. Среднее годовое количество осадков варьирует от 450 мм до 500 мм; 60-65 % из них приходится на тёплый период. Число дней с атмосферной засухой достигает 60-85.

Морфологический профиль чернозёмов обыкновенных имеет темно-серую, почти черную окраску, постепенно бурющую книзу, и характеризуется средней мощностью гумусового горизонта (40-80 см). Содержание гумуса в пахотном слое составляет 6-8%. Вскипание карбонатов происходит на глубине 50-60 см от поверхности.

Временные пробные площади (ВПП) закладывались согласно ОСТ 56-69-83. Поскольку исследуемые насаждения имеют искусственное происхождение, закладка ВПП имела свои особенности. В смешанных насаждениях пробная площадь по ширине полосы охватывала не менее трёх циклов смешения, а в чистых культурах – не менее десяти рядов культур. Во всех случаях размер ВПП соответствовал наличию не менее 150 деревьев главной породы. Определение состава древостоя, ярусов растительности и других компонентов насаждений осуществлялось в соответствии с действующей Лесоустроительной инструкцией.

Результаты и обсуждение. По породному составу в насаждениях гослесополосы Воронеж – Ростов-на-Дону доминируют древостои дуба черешчатого (44,0 % покрытой площади), второе место занимают сосняки (30,0 %), на третьем находятся ясеники (12,5 %), на четвёртом березняки (9,0 %) и оставшуюся площадь (4,5 %) занимают прочие породы (клён остролистный, липа мелколистная, клен полевой, яблоня, и др.).

Более детальное изучение структуры насаждений гослесополосы проводилось на заложенных 13 пробных площадях.

Как представлено в таблице, возраст исследуемых насаждений варьирует в диапазоне от 56 до 70 лет, средняя высота основного яруса – от 8 до 20 м, а количество деревьев – от 70-582 штук на 1 га. По форме более 50 % исследуемых насаждений имеет сложное строение, это дубово-ясеновые (ПП-1), дубово-кленовые (ПП-2, 6,7), ясеново-дубово-кленовые (ПП-8), берёзово-ясеновые (ПП-3), берёзово-дубовые древостои (ПП-13). На пробной площади № 9 сформировалось простое по форме, но смешанное насаждение, где ясень и дуб входят в один ярус, однако по числу стволов первый в два раза превосходит второго.

На остальных пробных площадях сформировались простые чистые дубовые (ПП-11), ясеновые (ПП-5), сосновые (ПП-10), берёзовые (ПП-4) и липовые (ПП-5) насаждения.

Изучение подроста (ПДР) на заложенных пробных площадях показало, что на большей части их он присутствует (ПП 1-3, 6-8,11). Преимущественно, это чистый подрост клёна остролистного (состав 10 Кло; ПП-2, 6-8) высотой 0,5-5,0 м, с диапазоном средней густоты (2,0-5,0 тыс. шт./га) и достаточно равномерным распределением по площади (встречаемость 70 %). Крупный подрост клёна достаточно жизнеспособный, малоослабленный, слабоугнетённый и относится к 5 категории [11]. Прежде всего, это можно объяснить биоэкологической способностью клёна остролистного выдерживать густую тень от верхнего полога леса.

На ПП-3 нами зарегистрирован крупный подрост ясеня обыкновенного под пологом разреженного старовозрастного насаждения берёзы высотой 5,1 м в количестве 4,0 тыс. шт/га. По качеству он имеет удовлетворительную жизнеспособность (4 категория).

Наибольшее разнообразие видового состава подроста отмечается в дубравах, особенно в смешанных с ясенем и липой в насаждениях (ПП-1,11). В частности, на ПП-1 подрост ясеня, клёна, липы и даже груши средней густоты высотой 2.1-4.5 м имеет хорошую перспективу (4-6 категория). Такие насаждения с точки зрения непрерывного естественного лесовосстановления являются своеобразными эталонами.

Однако на других пробных площадях подрост основных лесобразующих пород отсутствует вовсе (ПП- 4,5,9,10,12,13), что не может не вызывать тревогу. С одной стороны, это связано с высокой сомкнутостью насаждений и, как следствие, низкой освещённостью нижнего полога леса, с другой – затенением почв, с третьей – отсутствием необходимых лесоводственных уходов.

В отличие от подроста почти во всех насаждениях (за исключением сосняков) присутствует подлесочная древесная растительность. Преимущественно это подлесок (ПДЛ) лещины, боярышника, жимолости татарской, акации жёлтой, тёрна, бересклета, редкий и средний по густоте, в возрасте от 3 до 10 лет. Его происхождение связано как с искусственным введением в состав создаваемых насаждений (лещина, жимолость, акация), так и с естественным зарастанием. Учитывая невысокую густоту подлеска, в целом он выполняет положительную роль в лесообразовательном процессе насаждений.

Под пологом почти всех исследуемых насаждений сформировались лесная подстилка и рыхлое состояние почвы, что свидетельствует о формировании благоприятной лесорастительной среды. Живой надпочвенный покров имеет слабое развитие (встречаемость 20-25 %). Характерными доминантами в дубравах и ясенниках являются сныть обыкновенная, будра плющевидная, ясменник душистый, звездчатка лесная.

В сосняках, где встречаются подмаренник цепкий, мятлик лесной, перловник высокий, травяной покров развит ещё слабее. В данных условиях живой напочвенный покров не является фактором, ограничивающим появление всходов.

По-иному представлен напочвенный травяной покров в разреженных березняках (ПП-3,4), где доминирует осоково-злаковые растения, а степень задернения почвы составляет от 40 до 100 %. В таких условиях рассчитывать на естественное семенное возобновление не приходится.

Таблица – Структура насаждений ГЗЛП Воронеж-Ростов-на-Дону на обыкновенных черноземах

Table – Structure of Voronezh-Rostov-on-don GPLP on ordinary black soil

№ п/п	Древостой / Tree stand				Подрост / Undergrowth				Подлесок / underbrush			Живой напочвенный покров / Living ground cover		Почва / Soil	Тип структуры насаждения / Type of plant structure	
	состав, в т.ч. по ярусам / composition, including tiers	возраст, лет / age, years	высота, м / height, m	кол-во деревьев, шт./та / number of trees, t.	Состав / structure	возраст, лет / age, years	высота, м / height, m	кол-во деревьев, т / number of trees, t.	Породы / bred	возраст, лет / age, years	Густота / density	Доминант / dominant	степень задернения почвы / degree of soil blackening			
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№1	10Д/Д	60	16	500	4Яо/Уо		4,0	4,5	Боя/ Boy	10	сред./ wed	сныть, будра, ясеники, звездчатка/ goutweed, Boudreau, Woodruff, stitchwort	0,0	обык. Чернозем/ anti-skid. Black soil	Сложное, смешанное дубово-ясенево-липовое насажд. с жизнеспособ. ПДР Яс, Лп, Кл и ПДЛ*/ Complex, mixed	
	8Яо/Уа	60	8	270	2Лп/ Lp		4,5	2,5	Жмл/ Jml	8	редк./ rarely					
	2Лп/ Lp	60	10	50	2Кло/ Cl o		5,0	2,4								
№2	10Д/Д	58	15	580	10Кло/ Clo	3	0,5	3,0	Ллн/ Ls	5	сред./ wed	ясеники, звездчатка/ Woodruff, stitchwort	0,0	обык. чернозем Д2Ден на делювалын. отлож. темно-сер. сугл./ anti-skid. Black soil	Сложное, смешанное дубово-кленовое насажд. с жизнеспособ.. ПДР. Кло и ПДЛ Ллн/ Ls ср. густоты/ Complex, mixed	
	10 Кло/ Clo		10	675					Клт/ Clt	7	редк.					
№3	I яр. 10Б/ B	60	18	498	10Яо/Уо		5,1	4,0	Ажж/ Akj	7	сред./ wed	осока, ежа сборная, злаки/ sedge, hedgehog team, cereals	40,0	обык. чернозем Д1Дос3 светло-сер. сугл. УГВ-8-10 м/ anti-skid. Black soil	Сложное, смешанное берёзово-ясенное насажд. с жизнеспособ. ПДР/ Complex, mixed	
	II яр. 10 Яо/Уа	8	8	263												
№4	10Б/ B	63	16	70	-	-	-	-	Ажж/ Akj	5	редк./ rarely	осока воло-систая, звездчатка, ежа/ sedge volosy-flock, starfish, hedgehog	100,0	обык. чернозем светло-сер. суглин. / anti-skid. Black soil	Простое, чистое берёзовое насажд. с редким ПДЛ/ Simple, clean	
№5	10Лп/ Lp	61	17	400	-	-	-	-	Ллн/ Ls	3	редк./ rarely	звездчатка, будра, ясеники/ Stellaria, Boudreau, Woodruff, stitchwort	0,0	обык. чернозем Д2 детр. черноз. / anti-skid. Black soil	Простое, чистое липовое насажд. с редким ПДЛ из Ллн/ Simple, clean	

******* ИЗВЕСТИЯ *******

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

№ 3 (59), 2020

Окончание таблицы															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№6	10Д/Д 10 Кло/Сло	60	16	413	10Кло/ Сло	3	0,5	5,0	Лш/Лс	3	редк. / rarely	осока, звезд- чатка, сныты/ sedgе, stellate, snyt	0,0	обык. чернозем Д1 светло-сер. / anti-skid. Black soil	Сложное, смешанное дубово- кленовое насажд. с жизнеспос- об. ПДР и ПДЛ/ Complex, mixed
№7	10Д/Д 10 Кло/Сло	61	20	592	10Кло/ Сло	3	0,5	2,0	Лш/Лс	3	редк. / rarely	осока, звезд- чатка/ sedgе, stellate,	00	обык. чернозем/ anti-skid. Black soil	Сложное, смешанное дубово- кленовое насажд. с жизнеспос- об. ПДР и ПДЛ/ Complex, mixed
№ 8	6Яз/Уз 2Дл/Дсh 2Кло/Сло	56	10 9,5 7,5	400 150 350	10Кло/ Сло	3	0,5	2,0	Три/ Tr	5	редк. / rarely	звездчатка, злаки/ asterisks, cereals	0,0,	обык. чернозем/ anti-skid. Black soil	Сложное, смешанное ясеневое- дубово-кленовое насажд. с жизнеспособ. ПДР и ПДЛ/ Complex, mixed
№ 9	6Яо/Уо 4Д/Д	58	13 14	500 250	-	-	-	-	Бере- склет/В re	5	редк. / rarely	звездчатка, ежа сборная/ Stellaria, cocksfoot	30,0	обык. чернозем свет- ло-сер. суглин. / anti-skid. Black soil	Простое, смешанное ясеневое- дубовое насажд. с редким ПДЛ/ Simple, mixed
№ 10	10Со/Со	70	18	500	-	-	-	-	-	-	-	подморен- ник, мятлик/ podgornik, bluegrass,	0,0	среднеополз. супеси/ anti-skid. Black soil	Простое, чистое сосновое насажд. без ПДР и ПДЛ/ Simple, clean
№ 11	10Д/Д	62	15	-	4КЛО/ Сло 3Яо/ Уо 3Лп/ Лр	-	4,0 3,5 3,0	2,0 1,5 1,5	Боя/ Boy	10	редк. / rarely	Злаки, осока волосистая, звездчатка/ро dgornik, bluegrass and personiski, sedgе hairy	0,0	обык. чернозем свет- ло-сер. карб. почвы с мелом/ anti-skid. Black soil	Простое, чистое дубовое насажд. с жизнеспособ. ПДР Кло, Яо, Лп/ Simple, clean
№ 12	10Яо/Уо	57	8	-	-	-	-	-	Клт, тери/ Clt	10	редк. / rarely	Злаки, осока, звездчатка/ Cereals, sedgе, stellate	25,0	обык. чернозем мало- мощ. на карбонатных и глинах/ anti-skid. Black soil	Простое, смешанное ясеневое насажд. с редким ПДЛ/ Simple, mixed
№ 13	(8Б) 10Б/В (2Д) 10Д/Д	62	20 12	-	-	-	-	-	Акж/ Akj	7	сред. / wed	Злаки, звезд- чатка/ Cereals, Stardust	0,0	обык. чернозем свет- ло-сер. карб. почва/ anti-skid. Black soil	Сложное, смешанное берёзо- дубовое насажд. с ПДЛ сред. Густоты/ Complex, mixed

* Древесные породы и компоненты насаждения обозначаются общепринятыми в лесной таксации символами, (например : Д-дуб, Яс-ясень, ПДР-подрост, ПДЛ- подлесок и т.д.)

Таким образом, в структуре насаждений гослесополосы можно выделить следующие типы:

- I. Сложные, смешанные 3-х породные насаждения с подростом и подлеском (ПП-1).
- II. Сложные, смешанные 2-х породные насаждения с подростом и подлеском (ПП-2, 6-8).
- III. Сложные, смешанные 2-х породные насаждения с подростом (ПП-3).
- IV. Сложные, смешанные 2-х породные насаждения с подлеском (ПП-13).
- V. Простые, смешанные, 2-х породные насаждения с подлеском (ПП-9).
- VI. Простые, чистые насаждения с подростом (ПП-11).
- VII. Простые, чистые насаждения с подлеском (ПП-4, 5, 12).
- VIII. Простые чистые насаждения без подроста и подлеска (ПП-10).

Выводы. Обобщение результатов исследования породного состава, подроста, подлеска и живого напочвенного покрова позволяет нам выделить в зоне обыкновенных черноземов 8 различных типов структуры насаждений: начиная от сложных многопородных, многоярусных древостоев с наличием подроста и подлеска до простых и чистых.

Библиографический список

1. Влияние почвенных условий на строение смешанных древостоев гзлп "гора вишневая-каспийское море" в зоне влияния оренбургского НГКМ / П. Г. Калякина, З. Н. Рябина, С. С. Тюлебаева, М. В. Рябухина // Аграрный вестник Приморья. Уссурийск. 2019. №3. С. 46-49.
2. Ерусалимский В. И., Рожков В. А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2017. № 88. С. 121-137.
3. Лепёхин А. А., Чеканышкин А. С. Рост и жизнеспособность дуба черешчатого в изреженных рубками ухода насаждениях // ИВУЗ «Лесной журнал». 2018.
4. Чеплянский И. Я., Засоба В. В., Поповичев В. В. Лесные и нелесные земли в государственных защитных лесных полосах в России // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018. № 51. С. 91-95.
5. Effect of forest shelterbelt as a regional climate improver along the old course of the Yellow River, China / J. Y. Juang, J. Zhang, Y. Yang, J. Li // Agroforestry Systems. 2017. Vol. 91. P. 393-401. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9928-9>.
6. Effect of protective forest strip on the crop productivity in the central fore-caucasus / A. N. Esaulko, V. Trubacheva, O. I. Vlasova, I. A. Volters, V. M. Perederieva // Biosciences biotechnology research Asia. 2016. № 1. P. 129-134.
7. Gardner R. Trees as technology: planting shelterbelts on Great Plains // History and Technology. Vol. 25. Iss.4. pp. 325-341. <https://doi.org/10.1080/07341510903313014>.
8. Kopyi L. I. Natural regeneration of oak plantations as the basis for high-yielding capacity and stability // Possible Limitation of Decline Phenomena in Broadleaved Stands. Warsaw, 2006. P. 119-124.
9. Marots G. A. Sorenson C.J. Depletion of a Great Plains resource: the case of shelterbelts. Available at: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/depletion-of-a-great-plains-resource-the-case-of-shelterbelts> (accessed 10 April 2020). <https://doi.org/10.1017/S0376892900003088>
10. Ulian T., Ceci P., Ambrose E. Branching out Africa's Great Green Wall. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/335464913> (accessed 12 March 2020).
11. Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications // Journal of Sensors. 2017. Vol. 1. P. 1-17. <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>.

Conclusions. Generalization of the results of the study of rock composition, undergrowth, undergrowth and living ground cover allows us to identify 8 different types of plantings structure in the zone of ordinary chernozems: from complex multi-breed, multi-tiered stands with the presence of undergrowth and undergrowth, to simple and clean.

Reference

1. Influence of soil conditions on the structure of mixed stands of gzlп "mountain cherry-Caspian sea" in the zone of influence of the Orenburg ngcm / P. G. Kalyakina, Z. N. Ryabina, S. S. Tyulebaeva, M. V. Ryabukhina // Agrarian Bulletin of Primorye. Ussuriysk. 2019. No. 3. Pp. 46-49.

2. Yeralimsky V. I., Rozhkov V. A. Multifunctional role of protective forest stands // Bulletin of the Dokuchaev Soil Institute. 2017. No. 88. Pp. 121-137.
3. Lepekhin A. A., Chekanyshkin A. S. Growth and viability of the chereschatogo oak in sparse cuttings in plantations // IVZ "Lesnoy Zhurnal". 2018.
4. Cheplyansky I. Ya., Zasoba V. V., Popovichev V. V. Forest and non-forest lands in state protected forest strips in Russia // Actual problems of the forest complex. 2018. No.51. Pp. 91-95.
5. Effect of forest shelterbelt as a regional climate improver along the old course of the Yellow River, China / J. Y. Juang, J. Zhang, Y. Yang, J. Li // Agroforestry Systems. 2017. Vol. 91. P. 393-401. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9928-9>.
6. Effect of protective forest strip on the crop productivity in the central fore-caucasus / A. N. Esaulko, V. Trubacheva, O. I. Vlasova, I. A. Volters, V. M. Perederieva // Biosciences biotechnology research Asia. 2016. № 1. P. 129-134.
7. Gardner R. Trees as technology: planting shelterbelts on Great Plains // History and Technology. Vol. 25. Iss.4. Pp. 325-341. <https://doi.org/10.1080/07341510903313014>.
8. Kopyi L. I. Natural regeneration of oak plantations as the basis for high-yielding capacity and stability // Possible Limitation of Decline Phenomena in Broadleaved Stands. Warsaw, 2006. P. 119-124.
9. Marots G. A. Sorenson C.J. Depletion of a Great Plains resource: the case of shelterbelts. Available at: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/depletion-of-a-great-plains-resource-the-case-of-shelterbelts> (accessed 10 April 2020). <https://doi.org/10.1017/S0376892900003088>
10. Ulian T., Ceci P., Ambrose E. Branching out Africa's Great Green Wall. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/335464913> (accessed 12 March 2020).
11. Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications // Journal of Sensors. 2017. Vol. 1. P. 1-17. <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>.

Author information

Turchin Taras Yaroslavovich, leading researcher, South-European research forest experimental station, branch of the all-Russian research Institute of forestry and forestry mechanization, doctor of agricultural Sciences, Veshenskaya St., sholokhovsky district, Rostov region, Russian Federation, t_turchin64@mail.ru
Bakanov Ilya Aleksandrovich, postgraduate student, student of the Novocherkassk engineering and melioration Institute named after A. K. Kortunov, Bakanov61rus@yandex.ru

Информация об авторах

Турчин Тарас Ярославович, ведущий научный сотрудник Южно-Европейской научно-исследовательской лесной опытной станции, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, доктор сельскохозяйственных наук (Российская Федерация, Ростовская обл., Шолоховский р-н, ст. Вёшенская), t_turchin64@mail.ru
Баканов Илья Александрович, аспирант, студент Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова (346428, РФ, ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская обл.), Bakanov61rus@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-18

INFLUENCE OF BASIC SOIL TREATMENT METHODS ON WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF SOUTHERN CHERNOZEM SOILS AND YIELD OF SUNFLOWER HYBRIDS

V. N. Churzin, A. O. Dubovchenko

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University»*

Received 03.03.2020

Submitted 14.08.2020

*The study was carried out with the financial support of the Russian Federal Property Fund
in the framework of the scientific project No. 19-316-90042 / 19*

Introduction. The applied methods of the main cultivation of the soil for sunflower revealed insignificant changes in the agrophysical parameters of the soil in the arable layer. So, there is an increase in the density of the addition of density on the processing option small + chisel up to 1.24 t / m³ and 1.25 t / m³ on fine

processing, at 1.23 t / m³ on dumping. **Materials and methods.** The density of the solid phase in the arable layer did not change according to treatments and amounted to 2.51 t / m³. **Results and conclusion.** The value of the total porosity in the topsoil reached from 50.9% for dumping, 50.6% for fine + chisel and 50.2% for fine processing. During the growing season, the value of the total porosity for harvesting decreases for fine processing to 48.2%, at 49.4% for the shallow + chisel option and 50.2% for the moldboard processing option, with the porosity of aeration for moldboard processing - 27.4% and 26.0 and 25.3% for small + chisel and small processing options. The value of capillary porosity for treatments at the end of the growing season differed insignificantly and amounted to 22.8% for moldboard processing, 23.4% for shallow + chisel processing and, accordingly, 22.9% for fine processing. Within the arable soil layer, the granulometric composition according to treatments is characterized by favorable indicators for the growth and development of sunflower and slightly changes according to the methods of the main cultivation in the arable layer. On average, for two years, the yield of the «Tunka» hybrid on the dumping option was higher and amounted to 3.02 t / ha on the control, 3.11 t / ha on the «Helios Azot» option, and 3.17 t / ha on the «Bor Molybdenum» option. In the hybrid of sunflower «Sovan», the yield was lower and, accordingly, according to the options for moldboard processing, it reached: 2.61; 2.71; and 2.75 t / ha.

Key words: *methods of basic tillage, water-physical properties of chernozem soils, granulometric composition of soil, yield.*

Citation. Churzin V.N., Dubovchenko A.O. The influence of the main processing methods on the water-physical properties of the southern chernozem and the productivity of sunflower hybrids. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 181-189 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-18.

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

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

УДК633.854.78:631.527.5

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

В. Н. Чурзин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. О. Дубовченко, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 03.03.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 19-316-90042/19.*

Актуальность. Применяемые способы основной обработки почвы под подсолнечник выявили незначительные изменения агрофизических показателей почвы в пахотном слое. Так, отмечается увеличение плотности сложения на варианте обработки мелкая+чизель до 1,24 т/м³ и 1,25 т/м³ на мелкой обработке, при 1,23 т/м³ на отвальной обработке. **Материалы и методы.** Плотность твердой фазы в пахотном слое по обработкам изменений не имела и составляла 2,51 т/м³. Величина общей пористости в пахотном слое достигала от 50,9 % по отвальной обработке, 50,6 % по мелкой+чизель и 50,2 % по мелкой обработке. **Результаты и выводы.** В период вегетации величина общей пористости к уборке снижается по мелкой обработке до 48,2 %, при 49,4 % на варианте мелкая+чизель и 50,2 % на варианте отвальной обработки, при пористости аэрации по отвальной обработке – 27,4 % и 26,0 и 25,3 % на вариантах мелкая+чизель и мелкой обработках. Величина капиллярной пористости по обработкам в конце вегетации отличалась незначительно и составила по отвальной обработке – 22,8 %, по обработке мелкая+чизель – 23,4 % и соответственно – 22,9 % на мелкой обработке. В пределах пахотного слоя почвы гранулометрический состав по обработкам характеризуется благоприятными показателями для роста и развития подсолнечника и незначительно изменяется по способам основной обработки в пахотном слое. В среднем за два года выше

была урожайность у гибрида Тунка на варианте отвальной обработки и составила на контроле – 3,02 т/га, на варианте Гелиос Азот – 3,11 т/га, на варианте Бор Молибден – 3,17 т/га. У гибрида подсолнечника Сована урожайность была ниже и соответственно по вариантам на отвальной обработке достигала: 2,61; 2,71; и 2,75 т/га.

Ключевые слова: *способы основной обработки почвы, водно-физические свойства черноземов, гранулометрический состав почвы, урожайность гибридов подсолнечника.*

Цитирование. Чурзин В. Н., Дубовченко А. О. Влияние способов основной обработки на водно-физические свойства чернозема южного и урожайность гибридов подсолнечника *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 181-189. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-18.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В Волгоградской области основной обработкой почвы в технологии возделывания подсолнечника является отвальная вспашка. Некоторые элементы по совершенствованию основной обработки почвы под подсолнечник нашли отражение в ряде работ [1, 3, 5, 11].

Цель исследований – выявить влияние способов основной обработки почвы на изменение агрофизических показателей почвы в пахотном слое чернозема южного при возделывании гибридов подсолнечника Тунка и Саванна. Предшественник – озимая пшеница. Разработка адаптивных технологий для повышения продуктивности подсолнечника по основным регионам возделывания нашла отражение в работах многих авторов [2, 4, 6-10, 12, 13].

Схема опытов. Изучаются следующие варианты обработки почвы:

1. Отвальная обработка на 0,28-0,30 м.
2. Мелкая обработка агрегатом (БДМ-4М) на глубину 0,12-0,14 м.
3. Мелкая обработка агрегатом (БДМ-4М)+осеннее рыхление на 0,30-0,32 м.

Материалы и методы. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90042/19. Исследования включали лабораторные и полевые опыты, которые проводились по принятым методикам. В полевых и лабораторных исследованиях определяли в слое 0,0-0,30 м: плотность сложения почвы; плотность твердой фазы; максимальную гигроскопичность (МГ); почвенную влажность завядания растений (ВЗ) – расчетным методом с применением коэффициента 1,5 от МГ. Величину активной (доступной) влаги по разнице между фактическими запасами (НВ) и влажностью устойчивого завядания (ВЗ); гранулометрический и микроагрегатный состав – по Н. А. Качинскому.

Экспериментальная часть работы выполняется в КФХ «Дубовченко О. И.» Еланского района Волгоградской области. По участкам содержание гумуса было от 4,81 до 4,98 %. Обеспеченность подвижными формами P_2O_5 – 22,4-26,5 мг/кг почвы, калием – от 330 мг/кг почвы.

Применяемые способы основной обработки почвы под подсолнечник, как показали исследования, выявили незначительные изменения агрофизических показателей почвы в пахотном слое (таблица 1). Для формирования высокой продуктивности подсолнечника почва характеризуется благоприятными агрофизическими показателями. Так, для почв опытного участка плотность сложения для пахотного слоя почвы составила от 1,23 т/м³ по отвальной обработке с незначительным увеличени-

ем до 1,24 т/м³ на варианте применения мелкой+чизель и 1,25 т/м³ на мелкой обработке за счет снижения плотности сложения в слое 0,0-0,10 м и увеличения плотности сложения в слоях 0,10-0,30 м. Плотность твердой фазы в пахотном слое по обработкам изменений не имела и составляла 2,51 т/м³, с глубиной она увеличивается до 2,60 т/м³. Величина общей пористости в пахотном слое достигала от 50,9 % по отвальной обработке, 50,6 % по мелкой+чизель и 50,2 % по мелкой обработке. Влажность завядания (ВЗ) для слоя 0-0,30 м равна 13,3 %. Запасы доступной влаги в пахотном слое составили от 38,0 мм по отвальной обработке, 39,1 мм по мелкой+чизель и 34,1 мм на варианте мелкой обработки.

Таблица 1 – Агрофизические показатели почвы в слое 0 – 0,30 м по вариантам обработки почвы, среднее за 2018-2019 гг.

Table 1 – Agrophysical indicators of the soil in the 0-0.30 m layer according to the tillage options, average for 2018-2019.

Варианты / Options	Отвальная обработка / Dump processing	Мелкая+чизель / Shallow + Chisel	Мелкая обработка / Fine processing
*Плотность сложения по слоям, т/м ³ / The density of addition by layers, t / m ³			
0,0-0,30м	1,23/1,25	1,24/1,27	1,25/1,30
Плотность твердой фазы, т/м ³ / The density of the solid phase, t / m ³			
0,0-0,30м	2,51	2,51	2,51
*Общая пористость, % / * Total porosity, %			
0,0-0,30м	50,9/50,2	50,6/49,4	50,2/48,2
*Пористость аэрации, % / * Aeration porosity, %			
0,0-0,30м	21,9/27,4	21,1/26,0	22,2/25,3
*Капиллярная пористость, % / * Capillary porosity, %			
0,0-0,30м	29,0/22,8	29,5/23,4	28,0/22,9
Влажность завядания, % / Humidity of wilting, %			
0,0...0,30 м	13,3	13,3	13,3
*Влажность от абс. сухой почвы, % / * Humidity from abs. dry soil, %			
0,0...0,30м	23,6/18,2	23,8/18,4	22,4/17,6
*Запасы доступной влаги, мм / * Reserves of available moisture, mm			
0,0...0,30м	38,0/18,4	39,1/19,4	34,1/16,8

*Числитель – перед посевом, знаменатель – после уборки.

* The numerator is before sowing, the denominator is after harvesting.

Полученные результаты показывают, что при мелкой обработке почвы отмечается тенденция увеличения плотности сложения почвы в пахотном слое, снижение общей и капиллярной пористости, что снижало запасы доступной влаги до 34,1 мм, при 38,0 мм по отвальной обработке и 39,1 мм на обработке мелкая+чизель.

В период вегетации за счет приемов ухода за посевами происходит уплотнение верхних слоев почвы, процесс повышения плотности сложения почвы связан и со снижением влажности в пахотном слое. Величина общей пористости к уборке больше снижается по мелкой обработке, счет снижения в слоях 0,10-0,20 м и 0,20-0,30 м, которая к уборке достигала 48,2 %, при 49,4 % на варианте мелкая+чизель и 50,2 % на варианте отвальной обработки. К уборке пористость аэрации выше по отвальной обработке – 27,4 %, при 26,0 и 25,3 % на вариантах мелкая+чизель и мелкой обработках. Величина

капиллярной пористости по обработкам в конце вегетации отличалась незначительно и составила по отвальной обработке – 22,8 %, по обработке мелкая+чизель – 23,4 % и соответственно – 22,9 % на мелкой обработке.

В задачу проводимых исследований входило изучение влияния способов основной обработки почвы на гранулометрический состав пахотного слоя и агрономическую оценку влияния изучаемых приемов на рост, развитие и урожайность гибридов подсолнечника.

В пределах пахотного слоя почвы гранулометрический состав по обработкам, как показали анализы, практически однороден (таблица 2).

Таблица 2 – Гранулометрический анализ почвы по обработкам в слое 0,0...0,30 м

Table 2 – Granulometric analysis of soil by treatments in the layer of 0.0 ... 0.30 m

Горизонт, глубина в м. / Horizon, depth in m.	Размер частиц, мм, содержание фракций в % / Particle size, mm, fraction content in%						% фракций ме- нее 0,01 мм. / % fractions less than 0.01 mm
	1,0-0,25	0,25- 0,05	0,05-0,01	0,01-0,05	0,005- 0,001	менее 0,001 мм	
Отвальная обработка / Dump processing							
A 0,0...0,30м	0,8	3,4	32,7	12,3	14,2	36,6	63,1
Мелкая+чизель / Shallow + Chisel							
A 0,0...0,30м	1,0	3,30	33,6	11,2	16,3	34,6	62,1
Мелкая обработка / Fine processing							
A 0,0...0,30м	1,0	3,30	32,2	11,2	16,8	35,5	63,5

В лабораторных условиях гранулометрический состав определяли по Качинскому методом ситового анализа, сухим методом, суммарная масса всех фракций составляла не менее 98 % от массы взятой навески (300 г), повторность 3-х кратная. Определения показали, что гранулометрический состав в пахотном слое почвы по обработкам по профилю в основном однородный. В то же время практически отсутствует фракция размером 1-0,25 мм, их доля составляет 0,8-1,0 %.. На долю крупной пыли приходится от 62,1 до 63,5 %.

Годы исследований характеризуются высокими показателями по запасам доступной влаги в посевном слое при посеве, что обеспечило высокую полевую всхожесть. Отмечалось некоторое преимущество варианта «мелкая обработка + чизель», где полевая всхожесть составила в посевах 2018 года у гибрида Тунка на контроле – 91,0 %, на варианте Гелиос Азот и Бор Молибден соответственно 91,5 и 91,0 %. У гибрида Саванна полевая всхожесть по указанным вариантам составила: 92,4, 92,8, 92,6 %. В посевах гибрида Тунка в 2019 году полевая всхожесть по вариантам обработок была близка и составила от 91,0 до 91,8 %, у гибрида Саванна – от 92,0 до 92,8 %.

Установлено, что величина урожая зависела от сохранности растений к уборке и от применения удобрений. Сохранность растений гибридов подсолнечника по отвальной вспашке за 2018-2019 годы составляла от 82,8 до 85,5 %, по мелкой обработке – от 77,2 до 78,7 %. На варианте обработки почвы мелкая + чизель сохранность растений близка к отвальной обработке – 82,1-84,5 %, что к конечному итоге определяло и величину урожайности. Урожайность у гибрида Тунка выше по отвальной обработке на варианте Бор Молибден – 3,17 т/га. У гибрида подсолнечника Саванна урожайность на отвальной обработке также была выше и достигала по вариантам: 2,61; 2,71; и 2.75 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность гибридов подсолнечника по годам исследований, т/га

Table 3 – Yield of sunflower hybrids by years of research, t/ha

Варианты / Options	Тунка / Tunka			Саванна / Savannah		
	2018	2019	Среднее	2018	2019	Среднее
Отвальная вспашка на 0,28 – 0,30м (контроль) / Dump plowing at 0.28 – 0.30 m (control).						
Контроль (б/о) / Control (b/o)	3,04	3,00	3,02	2,60	2,62	2,61
ГелиосАзот / HeliosNitrogen	3,13	3,10	3,11	2,71	2,72	2,71
БорМолибден / BoronMolybdenum	3,19	3,15	3,17	2,74	2,75	2,75
Мелкая обработка + Чизель на 0,30-0,32м / Fine processing + Numbers at 0.30-0.32 m.						
Контроль (б/о) / Control (b/o)	2,35	2,33	2,34	2,29	2,30	2,29
ГелиосАзот / HeliosNitrogen	2,42	2,40	2,41	2,39	2,41	2,40
БорМолибден / BoronMolybdenum	2,42	2,44	2,43	2,41	2,43	2,42
Мелкая обработка на 0,12-0,14м / Fine processing at 0.12-0.14 m.						
Контроль (б/о) / Control (b/o)	2,33	2,29	2,31	2,08	2,10	2,09
ГелиосАзот / HeliosNitrogen	2,39	2,35	2,37	2,11	2,14	2,12
БорМолибден / BoronMolybdenum	2,39	2,37	2,38	2,14	2,17	2,15

2018 год. НСР₀₅ (общ) – 0,23, А(гибриды) – 0,08, В(обработка) – 0,09, С(питание) – 0,05, АВ – 0,16, АС – 0,13, ВС – 0,06, ABC – 0,09.

2019 год. НСР₀₅ (общ) – 0,23, А(гибриды) – 0,08, В(обработка) – 0,09, С (питание) – 0,09, АВ – 0,16, АС – 0,13, ВС – 0,27, ABC – 0,19.

Выводы. Применяемые способы основной обработки почвы под подсолнечник выявили незначительные изменения агрофизических показателей почвы в пахотном слое. Так, для почв опытного участка плотность сложения для пахотного слоя почвы изменялась от 1,23 т/м³ по отвальной обработке, до 1,24 1,25 т/м³ на мелкой+чизель и на мелкой обработке за счет снижения плотности сложения в слое 0,0-0,10 м и увеличения плотности сложения в слоях 0,10-0,30 м. Плотность твердой фазы в пахотном слое по обработкам изменений не имела и составляла 2,51 т/м³, с глубиной она увеличивается до 2,60 т/м³. Величина общей пористости в пахотном слое достигала от 50,9 % по отвальной обработке, 50,6 % по мелкой+чизель и 50,2 % по мелкой обработке. В период вегетации за счет приемов ухода за посевами, происходит уплотнение верхних слоев почвы, процесс повышения плотности сложения почвы связан и со снижением влажности в пахотном слое. Величина общей пористости к уборке больше снижается по мелкой обработке, за счет снижения в слоях 0,10-0,20 м и 0,20-0,30 м, которая к уборке достигала 48,2 %, при 49,4 % на варианте мелкая+чизель и 50,2 % на варианте отвальной обработки. К уборке пористость аэрации выше по отвальной обработке – 27,4 %, при 26,0 и 25,3 % на мелкая+чизель и мелкой обработках. Значения капиллярной пористости по обработкам в конце вегетации составили по отвальной обработке – 22,8 %, по обработке мелкая+чизель – 23,4 % и соответственно – 22,9 % на мелкой обработке.

В пределах пахотного слоя почвы гранулометрический состав по обработкам характеризуется благоприятными показателями для роста и развития подсолнечника и незначительно изменяется по способам основной обработки в пахотном слое.

В среднем за два года урожайность выше у гибрида Тунка: так, на варианте отвальной обработки она составила на контроле – 3,02 т/га, при применении Гелиос Азот – 3,11 т/га, Бор Молибден – 3,17 т/га.

Библиографический список

1. Больдисов Е. А. Экологическая адаптивность гибридов к различным почвенно-климатическим условиям в зависимости от некоторых элементов агротехники // Масличные культуры. 2015. Вып.2 (162). С. 40-49.

2. Большисов Е. А., Бушнев А. С. Продуктивность гибридов подсолнечника в Курской области и Краснодарском крае в зависимости от норм высевы семян. 2017. С. 58-62.
3. Дубовченко А. О., Чурзин В. Н. Агротехническая оценка способов основной обработки почвы и применения удобрений в технологии возделывания подсолнечника на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 36 (55). С. 127-134.
4. Насиев Б. Н., Есентужина А. Н., Бушнев А. С. Продуктивность подсолнечника в зависимости от сроков посева в Западном Казахстане // Масличные культуры. 2019. Вып. 1 (177). С. 48-54.
5. Приемы повышения урожайности маслосемян подсолнечника на черноземных почвах Нижнего Поволжья / Г. А. Медведев, В. М. Иванов, В. Н. Чурзин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 52-56.
6. Тишков Н. М., Дряхлов А. А. Отзывчивость гибридов подсолнечника на густоту стояния растений на черноземе выщелоченном Краснодарского края // Масличные культуры. 2016. Вып. 1 (165). С. 51-53.
7. Тишков Н. М., Еремин Г. И. Эффективность применения жидких комплексных удобрений под подсолнечник на черноземах Краснодарского края // Масличные культуры. 2020. №2 (182). С. 51-61.
8. Тишков Н. М., Тильба В. А., Шкарупа М. В. Влияние густоты стояния растений на продуктивность сортов крупноплодного подсолнечника // Масличные культуры. 2018. Вып. 2 (174). С. 41-46.
9. Урожайность подсолнечника и сои на черноземе выщелоченном в зависимости от технологии возделывания в Краснодарском крае / В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Е. Г. Животовская, О. А. Подколзин // Масличные культуры. 2018. Вып. 2 (174). С. 71-74.
10. Физические, водно-физические и физико-химические показатели чернозема выщелоченного / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 4 (58). С. 166-171.
11. Чурзин В. Н., Дубовченко А. О. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. Волгоград. 2020. № 1 (57). С. 159-167.
12. Correlation between heterosis and genetic distance based on SSR-markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.) / S. Gvodenovic, D. Pankovic-Saftic, S. Jovic, V. Radic // Journal of Agricultural Sciences. 2009. Vol. 54. P. 1-10.
13. Use of sunflower cultivars with resistance to imidazolinone herbicides to control broomrape (*Orobanchecumana*) infection / J. Dominguez, J. Alvarado, J. L. Espinosa [et al.] // Proc. 16 International Sunflower Conference. 2004. Vol. 1. P. 181-186.

Conclusion. The applied methods of the main cultivation of the soil for sunflower revealed insignificant changes in the agrophysical parameters of the soil in the arable layer. So, for the soils of the experimental plot, the bulk density for the arable soil layer varied from 1.23 t / m³ for dumping, to 1.24 1.25 t / m³ for shallow + chisel and for shallow processing due to a decrease in the bulk density in layer 0, 0-0.10 m and an increase in the bulk density in layers 0.10-0.30 m. The density of the solid phase in the arable layer did not change according to treatments and amounted to 2.51 t / m³, with depth it increases to 2.60 t / m³. The value of the total porosity in the arable layer reached 50.9% for dumping, 50.6% for fine + chisel and 50.2% for fine processing. During the growing season, due to the methods of caring for crops, the upper layers of the soil are compacted, the process of increasing the density of the addition of the soil is also associated with a decrease in moisture in the arable layer. The value of the total porosity for harvesting decreases more for fine processing, due to a decrease in layers of 0.10 ... 0.20 m and 0.20 ... 0.30 m, which reached 48.2% for harvesting, with 49.4% in the shallow version + chisel and 50.2% on the moldboard option. For harvesting, the porosity of aeration is higher for moldboard pro-

cessing - 27.4%, at 26.0 and 25.3% for small + chisel and small processing. The values of capillary porosity for treatments at the end of the growing season were 22.8% for moldboard processing, 23.4% for shallow + chisel processing and, accordingly, 22.9% for fine processing.

The density of the solid phase in the arable layer by treatment did not change and amounted to 2.51 t / m³, with a depth it increases to 2.60 t / m³. The total porosity in the arable layer reached 50.9% for the waste processing, 50.6% for the fine + chisel and 50.2% for the small processing. During the growing season, due to the methods of caring for crops, the upper soil layers are compacted, and the process of increasing the density of soil compaction is also associated with a decrease in humidity in the arable layer. The value of the total porosity for harvesting is reduced more by fine processing, due to a decrease in the layers of 0.10 ... 0.20 m and 0.20 ... 0.30 m. Which by harvest reached 48.2%, with 49.4% in the case of small + chisel and 50.2% on the option of dump processing. By harvesting, the aeration porosity is higher in the waste treatment - 27.4%, with 26.0 and 25.3% for the fine + chisel and fine treatments. The value of capillary porosity in the treatments at the end of the growing season did not differ significantly and amounted to 22.8% for the waste treatment, 23.4% for small + chisel and 22.9% for small processing, respectively. Within the arable soil layer, the granulometric composition according to treatments is characterized by favorable indicators for the growth and development of sunflower and slightly changes according to the methods of the main cultivation in the arable layer.

On average, for two years, the yield is higher in the Tunka hybrid, so on the moldboard processing option it was 3.02 t / ha in the control, when using Helios Azot-3.11 t / ha, Bor Molybdenum -3.17 t / ha.

Reference

1. Boldisov E. A. Ecological adaptability of hybrids to different soil and climate conditions depending on some elements of agricultural technology // Oilseeds. 2015. Vol.2 (162). P. 40-49.
2. Boldisov E. A., Bushnev A. S. Productivity of sunflower hybrids in the Kursk region and the Krasnodar territory depending on seed seeding rates. 2017. P. 58-62.
3. Dubovichenko A. O., Chursin V. N. Agronomical evaluation methods of primary tillage and application of fertilizers in technology of sunflower cultivation on the black soils of the Volgograd region // Proceedings of lower Volga Agrodiversity complex : science and higher professional education. 2019. No. 36 (55). P. 127-134.
4. Nasiev B. N., Esentuzhina A. N., Bushnev A. S. Productivity of sunflower depending on the terms of sowing in Western Kazakhstan // Oilseeds. 2019. Vol.1 (177). P. 48-54.
5. Techniques for increasing the yield of sunflower oil seeds on Chernozem soils of the Lower Volga region / G. A. Medvedev, V. M. Ivanov, V. N. Churzin [etc.] // Proceedings of the lower Volga agricultural University complex: science and higher professional education. 2015. No. 4 (40). P. 52-56.
6. Tishkov N. M., Dryakhlov A. A. Responsiveness of sunflower hybrids to the density of standing plants on leached Chernozem of the Krasnodar territory // Oilseeds. 2016. Vol. 1 (165). P. 51-53.
7. Tishkov N. M., Eremin G. I. The effectiveness of the use of liquid complex fertilizers for sunflower on the black soil of the Krasnodar Territory // Oilseeds. 2020. No. 2 (182). P. 51-61.
8. Tishkov N. M., Tilba V. A., Shkarupa M. V. Influence of plant stand density on productivity of large-fruited sunflower varieties // Oilseeds. 2018. Vol. 2 (174). P. 41-46.
9. Productivity of sunflower and soy on leached Chernozem depending on cultivation technology in the Krasnodar territory // V. M. Kildyushkin, A. G. Soldatenko, E. G. Zhivotovskaya, O. A. Podkolzin // Oilseeds. 2018. Vol. 2 (174). P. 71-74.
10. Physical, water-physical and physicochemical parameters of leached chernozem / A. Kh. Sheujen, O. A. Gutorova, Kh. D. Hurum [et al.] // International Research Journal. 2017. No. 4 (58). P. 166-171.
11. Chursin V. N., Dubovchenko A. O. The productivity of sunflower hybrids depending on the moisture availability of crops on chernozems of the Volgograd region // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. No. 1 (57). P. 159-167.
12. Correlation between heterosis and genetic distance based on SSR-markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.) / S. Gvodenovic, D. Pankovic-Saftic, S. Jovic, V. Radic // Journal of Agricultural Sciences. 2009. Vol. 54. P. 1-10.

13. Use of sunflower cultivars with resistance to imidazolinone herbicides to control broomrape (*Orobanchecumana*) infection / J. Dominguez, J. Alvarado, J. L. Espinosa [et al.] // Proc. 16 International Sunflower Conference. 2004. Vol. 1. P. 181-186.

Author information

Churzin Viktor Nikolaevich, Professor of the Department of Plant breeding and seed production at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation), doctor of agricultural Sciences. <https://orcid.org/0000-0002-2198-0277> Rasteniievodstvo44@mail.ru

Dubovchenko Anton Olegovich, post-graduate student of the Department of crop Production, selection and seed production at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-8935-9479> d.dubowchenko@yandex.ru

Информация об авторах

Чурзин Виктор Николаевич, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук.

<https://orcid.org/0000-0002-2198-0277> Rasteniievodstvo44@mail.ru

Дубовченко Антон Олегович, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26). <https://orcid.org/0000-0002-8935-9479> d.dubowchenko@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-19

THE MAPPING OF INVASIVE FOREST POLLUTION IN THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN USING GIS TECHNOLOGIES AND RESULTS OF REMOTE SENSING

V.G. Yuferev¹, N.N. Taranov²

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

²*Federal State Budget Educational Institution «Volgograd Socio-Pedagogical University»*

Received 21.05.2020

Submitted 10.08.2020

The paper was carried out with the financial support of the RFBR and the Volgograd region in the framework of the scientific project No. 19-416-343003\19 «Mapping and assessment of biological pollution of forests of the Volga-Akhtuba floodplain (within the Volgograd region) using remote sensing and GIS technologies»

Summary

The article presents the results of the assessment of biological pollution of the Vol-Akhtuba floodplain. For the first time, phenological indication has been used to decode invasive species in the Volga-Akhtuba floodplain. As a result of the study, a bank was created from more than 350 photo-measuring points of Pencilvan ash, which made it possible to identify more than 1,500 ranges of this invasive species, with a total area of more than 7,100 hectares.

Abstract

Introduction. Biological invasions are one of the essential factors for a person to change natural communities. The issues of changing natural ecosystems are so widespread that the ongoing changes are considered as one of the main problems in modern ecology. The seriousness of biological pollution is that invasions displace natural communities, resulting in a loss of natural biodiversity, which can lead to serious environmental consequences. **Object.** One of the types of invasions on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain is Pencilvan ash (*Fraxinus pennsylvanica*). In terms of the scale and speed of expansion of the invasion, this species now obviously prevails over all other alien species. Ash-tree with equal ease masters both disturbed habitats and territories with natural communities. The introduction of ash into coastal willows (*Salix alba*), sedge forests (*Populus nigra*), oak forests at relatively low elevations, raw sedge meadows (*Carex acuta*), medium-sized crustaceous (*Bromopsis inermis*) meadows and other floodplain communities throughout the Volga-Akhtuba floodplain. Ash is characterized by the following properties: high viability; environmental

plasticity; ease of distribution of seeds with the help of both wind and water; high germination and abundant germination. Ash is able to occupy both areas with disturbed vegetation cover, and closed grassy and woody communities. The survival rate of ash seedlings is very high, which leads to the crowding out of native species of woody and herbaceous plants and the formation of almost pure impenetrable thickets. The speed of distribution of this invasive species requires effective monitoring and compilation of geocoded and attributive maps of the distribution of ranges of Pennsylvania ash. **Materials and methods.** The fulfillment of the task by means of remote sensing and geographic information technologies includes the following stages of work: field photo-calibration, processing of satellite images of a certain period of photographing, research of test areas with analysis of archived images and identification of spatio-temporal changes in the ranges of invasions, cameral cartographic and aerospace assessment of forest stands, mapping ranges of invasive tree species, development of photo standards for invasive tree species for further interpolation ns in the study area. **Results and conclusions.** As a result of the processing of aerospace information, plots for field standardization were allocated and a bank was created from more than 350 photo-measuring points for Pencilvan ash. The habitats of the Pennsylvania ash tree were estimated in the course of ground-based studies on photo-etalization, and during the work, the data were geocoded and referenced using a GPS receiver. The processing of the results of the study showed that in the territory of the natural park there are more than 1,500 areas of Pencilvan ash (*Fraxinus pennsylvanica*) With a total area of more than 7,100 ha. The presence of invasive vegetation photo standards, observation of the phenological state, including the results of autumn aerospace studies of the Volga-Akhtuba floodplain, can maximize the accuracy and reliability of information, as well as the ability to determine the areas occupied by invasive species, which contributes to the use of precise coordinate measures to combat plants with "transformers" ".

Key words: *invasive pollution, phenological phase, forest stand, invasion, aerospace image, histogram, pixel, mapping, analysis, estimation, natural park, Volga-Akhtuba floodplain.*

Citation. Yuferev V.G., Taranov N.N. The mapping of invasive forest pollution in the Volga-Akhtuba floodplain using GIS technologies and results of remote sensing. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 189-198 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-19.

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

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

УДК 528.7:630*273:502.13(470.45)

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ИНВАЗИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСОВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В. Г. Юфереv¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Н. Н. Таранов², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград

²ФГБОУ «Волгоградский социально-педагогический университет»

Дата поступления в редакцию 21.05.2020

Дата принятия к печати 10.08.2020

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-416-343003\19. "Картографирование и оценка биологического загрязнения лесов Волго-Ахтубинской поймы (в границах Волгоградской области) средствами ДЗЗ и ГИС технологий "

Актуальность. Биологические инвазии – один из существенных факторов изменения человеком естественных сообществ. Вопросы изменения естественных экосистем настолько масштабны, что происходящие изменения рассматриваются как одна из главных проблем в современной экологии. Серьезность биологического загрязнения заключается в том, что инвазии вытесняют естественные сообщества, в результате чего происходит потеря естественного биоразнообразия,

что может привести к серьезным экологическим последствиям. **Объект.** Одним из видов инвазий на территории Волго-Ахтубинской поймы является ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*). По масштабам и скорости расширения инвазии этот вид сейчас, очевидно, преобладает над всеми остальными чужеродными видами. Ясень с одинаковой легкостью осваивает как нарушенные местообитания, так и территории с естественными сообществами. Отмечено внедрение ясеня в прибрежные ивняки (*Salix alba*), осокорники (*Populus nigra*), дубравы на относительно низких высотных отметках, сырые осоковые луга (*Carex acuta*), кострцовые (*Bromopsis inermis*) луга среднего уровня и другие пойменные сообщества по всей территории Волго-Ахтубинской поймы. Ясень характеризуется следующими свойствами: высокая жизнеспособность; экологическая пластичность; легкость распространения семян как с помощью ветра, так и течением воды; высокой всхожестью и обильным прорастанием. Ясень способен занимать как участки с нарушенным растительным покровом, так и сомкнутые травянистые и древесные сообщества. Выживаемость семян ясеня очень высокая, что приводит к вытеснению аборигенных видов древесных и травянистых растений и образованию почти чистых непроходимых зарослей. Скорость распространения этого инвазивного вида требует эффективного мониторинга и составления геокодированных и атрибутивных карт распространения ареалов ясеня пенсильванского. **Материалы и методы.** Выполнение поставленной задачи средствами ДЗЗ и геоинформационных технологий включает в себя следующие этапы работ: полевое фотоэталонирование, обработку космоснимков определенного периода фотографирования, исследование тестовых участков с анализом архивных снимков и выявление пространственно-временных изменений ареалов инвазий, камеральную картографо-аэрокосмическую оценку лесных насаждений, составление картосхем ареалов инвазивных древесных пород, разработку фотоэталонных инвазивных древесных пород для дальнейшей интерполяции на исследуемую территорию. **Результаты и выводы.** В результате обработки аэрокосмической информации были выделены участки для полевого эталонирования и создан банк из более чем 350 точек фотоэталонирования ясеня пенсильванского. Ареалы произрастания ясеня пенсильванского были оценены в ходе наземных исследований по фотоэталонированию, а также при проведении работ было произведено геокодирование и привязка полученных данных при помощи GPS – приемника. Обработка результатов исследования показала, что на территории природного парка находятся более 1500 ареалов ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica*) общей площадью более 7100 га. Использование фотоэталонных растительных инвазий, мониторинг фенологических изменений, результаты осенних аэрокосмических исследований территории Волго-Ахтубинской поймы позволяют максимально повысить точность и достоверность информации, а также возможность определения площадей, занятых инвазивными видами, что способствует применению точных координатных мер по борьбе с растениями «трансформерами».

Ключевые слова: инвазивное загрязнение лесов, древостои, растительные инвазии, инвазивные древесные породы, аэрокосмоснимки, гистограммы, картографирование, природные парки, Волго-Ахтубинская пойма.

Цитирование. Юферев В. Г., Таранов Н. Н. Картографирование инвазивного загрязнения лесов Волго-Ахтубинской поймы с использованием ГИС технологий и результатов дистанционного зондирования. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 189-198. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-19.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из опаснейших древесных пород, с точки зрения инвазии, в лесных ландшафтах поймы является ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*). Во второй половине XX века ясень пенсильванский использовался для создания лесных культур, лесных массивов и полезащитных полос в Волго-Ахтубинской пойме. До 60-х годов проводились посадки ясеня, благодаря его устойчивости к затоплению, способности переносить сложные интразональные условия, зимние паводки, высокой приживаемости семян и быстрому росту. Широкое использование в зеленом строительстве

началось с первой половины XX века. Во второй половине XX века появляются многочисленные данные одичания вида в разных странах: Австрии, Венгрии, Германии, Польше, Хорватии и в других странах [6]. Последствия воздействия инвазивных видов на биоразнообразие и природные комплексы Волго-Ахтубинской поймы уже могут быть сопоставимы по масштабу с теми негативными изменениями аборигенных сообществ, которые связаны с зарегулированием стока. Организация деятельности по контролю и сдерживанию инвазий должна быть дифференцирована в соответствии с особенностями поведения чужеродных видов в конкретном регионе.

Особого внимания заслуживают растения – «трансформеры», натурализовавшиеся виды, способные к вытеснению местных видов, нарушению сукцессионных смен и преобразованию экосистем, к которым и относится ясень пенсильванский. Экосистемы долины Нижней Волги, как и другие долинные комплексы, в силу своей динамичности и открытости, являются очень уязвимыми для биологических инвазий. Успешное проникновение/внедрение в пойменные сообщества новых видов и их быстрое расселение по бассейну является закономерным процессом, так как долины рек всегда были естественными путями для «движения видов». Локальные и даже точечные заносы чужеродных видов быстро превращаются в обширные ареалы за счет наличия доступных и активных путей распространения водой [6].

Решение задачи по оценке площади распространения *Fraxinus pennsylvanica* на территории Волго-Ахтубинской поймы с использованием ГИС-технологий обеспечивается картографированием ее ареалов с использованием метода фенологической индикации. Использование полевых исследований требует большого объема работ, затратен и неэффективен, особенно в труднодоступных местах и в половодье [7].

Материалы и методы. Метод дистанционного исследования пойменных лесных насаждений, основанный на данных космических съемок, – современный и экономически обоснованный путь для оценки инвазий. Для повышения достоверности результатов дистанционных исследований используется система выборочного, полевого эталонирования тестовых участков [10]. Полевое эталонирование ареалов инвазий в Волго-Ахтубинской пойме – существенный этап для выполнения их тематического картографирования с применения совокупности векторных, растровых и атрибутивных данных, включая спектрально-зональную спутниковую информацию. В качестве эталонов выбирается типичный участок ареала инвазии, который включает главные дешифровочные признаки объекта эталонирования, которые отражаются на космоснимке при адекватных условиях сканирования [6]. Фотоэталонирование как методический прием позволяет сопоставить реальные параметры объектов исследований с параметрами, которые можно определить по космоснимкам. Методика, используемая для полевого эталонирования космических снимков, основана на предложенной Б. В. Виноградовым технологии, и получила развитие в работах К. Н. Кулика, А. С. Рулева и В. Г. Юферева [2, 4, 5, 6, 11].

Комбинированный метод исследования лесных насаждений осуществляется в две стадии: полевое эталонирование на тестовых участках и камеральное дешифрирование данных дистанционного зондирования. При этом результаты исследований экстраполируют на насаждения-аналоги. Полевое эталонирование проводится на тестовых участках, которые репрезентативно отражают компоненты ландшафта. Для анализа изменения площади ареалов инвазий проводится изучение изменения распределения пикселей в растре космоснимков по гистограммам.

Измерения отражательных свойств растительности при изменении сезонов, погоды и времени суток дают возможность выявить корреляцию между ними и определить функциональные связи. Тестовые участки, установленные для эталонирования, используют для проведения уточненного дешифрирования и картографирования ареалов инвазий [8, 9].

Особое внимание при дистанционном исследовании лесных насаждений по космоснимкам необходимо уделить сезонным изменениям их характеристик, чтобы установить закономерности изменения фототона изображения. Лесная порода, выбранная для изучения, характеризуется типичными особенностями, включая геометрические и морфологические параметры, которые можно использовать для дешифрирования и эталонирования инвазивных древесных пород. Для дешифрирования лесных насаждений выбираются космоснимки поздневесеннего и раннелетнего периода для лиственных пород. Для обеспечения точного определения ареалов ясеня пенсильванского предложен способ распознавания ареалов по особенностям фенологических фаз развития растений.

Для фенологического дешифрирования участков леса с инвазивными породами важной является фаза расцветивания, а также фаза опадания листьев. Использование мультиспектральных снимков для дешифрирования ареалов инвазивных пород дает возможность использования дополнительных дешифровочных качеств, определяемых особенностями отражения излучения растительностью в различных диапазонах спектра, в том числе по отличию в содержании хлорофилла.

Результаты и обсуждение. Для картографирования лесных насаждений Волго-Ахтубинской поймы была построена регулярная сетка на территорию Волго-Ахтубинской поймы, состоящую из квадратов со стороной 2° (рисунок 1).

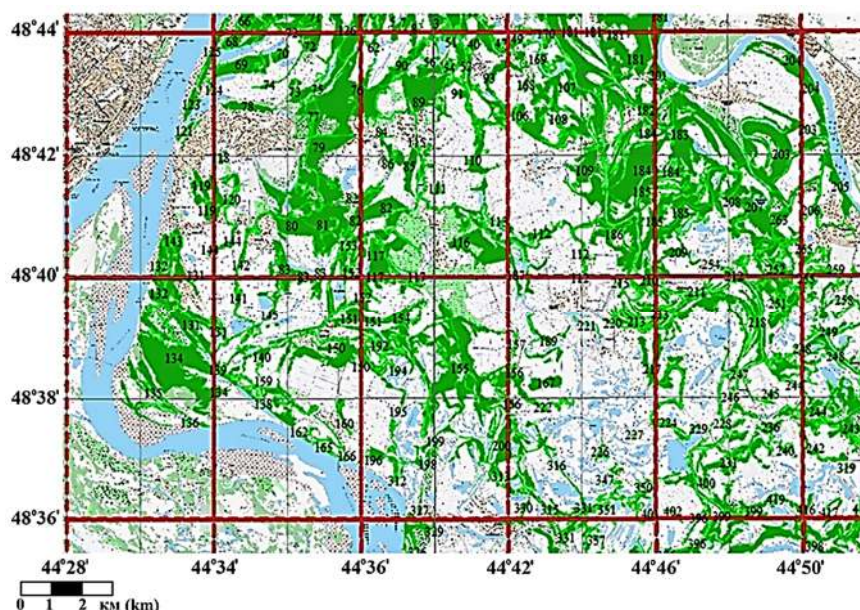


Рисунок 1 – Регулярная сетка, построенная на территорию Волго-Ахтубинской поймы

Figure 1 – A regular grid built on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain

Изолинейная карта распределения древесно-кустарниковой растительности построена по полученным пространственным данным с использованием программы Surfer. Для чего была разработана регулярная ячеистая модель, содержащая координаты точки (центра ячейки) x , y и значение z – площадь, занимаемая древесно-кустарниковой растительностью. В каждой ячейке были установлены площади, занятые такой растительностью. В результате картографирования в автоматическом режиме была построена изолинейная карта (рисунок 2).

По результатам анализа разработанной карты установлено, что основная часть древесно-кустарниковой растительности размещена в западной части Волго-Ахтубинской поймы.

Здесь доля достигает 38 %. На основе полученных данных были выделены участки для полевого эталонирования и создан банк из более, чем 350 точек фотоэталонирования ясеня пенсильванского. Ареалы произрастания ясеня пенсильванского были оценены в ходе наземных исследований по фотоэталонированию, а также при проведении работ было проведено геокодирование и привязка полученных данных при помощи GPS-приемника (рисунок 3).

Исследование динамики фенологических фаз показало, что осеннее изменение цвета листвы ясеня пенсильванского (с преобладанием желтого цвета) в 2019 году в условиях Волго-Ахтубинской поймы было зафиксировано в начале сентября (рисунок 4) [7, 10].

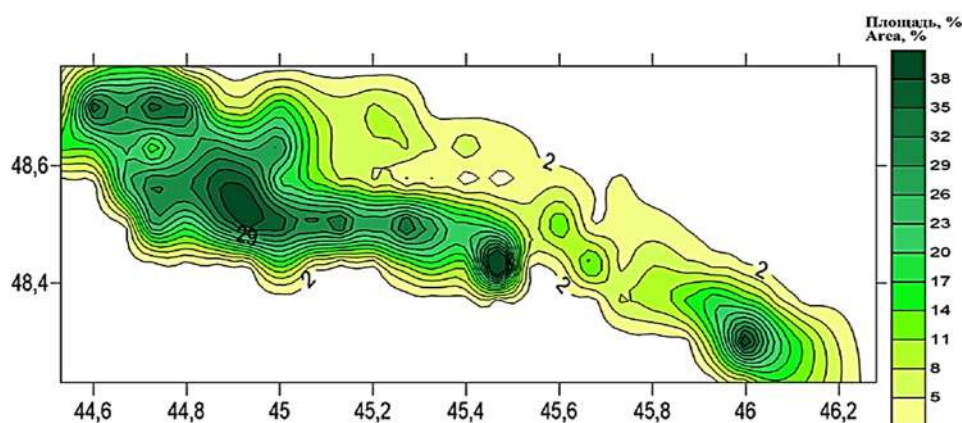


Рисунок 2 – Изолинейная карта распределения древесно-кустарниковой растительности

Figure 2 - The isoline map of the distribution of woody-shrubby vegetation

В результате проведения полевых исследований, фотоэталонирования, геокодирования и привязки полученных данных были созданы фотоэталонеры для дешифрирования ареалов ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica*), локализованных на территории Волго-Ахтубинской поймы. В связи с тем, что фенологическая фаза изменения цвета листвы в осенний период у ясеня началась раньше, чем у соседствующих пород (рисунок 5), интерпретация и векторное выделение ареала *Fraxinus pennsylvanica* было проведено с достаточной точностью, соответствующей разрешению космоснимка.

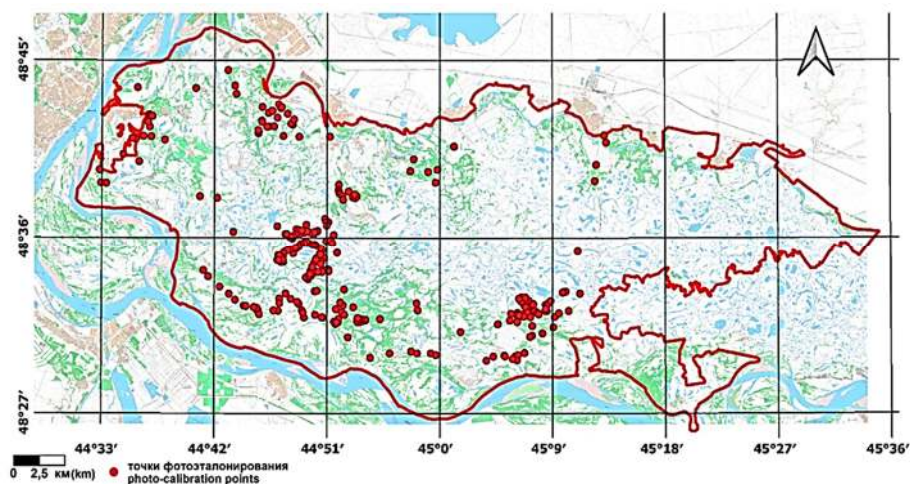


Рисунок 3 – Схема распределения точек фотоэталонирования ясеня пенсильванского

Figure 3 - Scheme for the distribution of photo-calibration points of *Fraxinus pennsylvanica*



Рисунок 4 – Подрост ясеня пенсильванского (1) на фоне дубового насаждения (2).
Участок полевого эталонирования «оз. Чичера»

Figure 4 – The growth of *Fraxinus pennsylvanica* (1) against the background of oak plantation (2).
Site of field calibration «Lake Chichera»



Рисунок 5 – Фенологическая индикация по космоснимку: посадка ясеня пенсильванского (1);
дуб черешчатый (2) Участок полевого эталонирования «оз. Кустистый садок»

Figure 5 – Phenological indication from a space photograph: planting of *Fraxinus pennsylvanica* (1);
Quercus robur (2) Site of field calibration “Lake. Kustistyy sadok”

По результатам аэрокосмического и геоинформационного исследования территории Волго-Ахтубинской поймы разработан векторный геоинформационный картографический слой ареалов распространения ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica*) (рисунок 6).

Обработка результатов, полученных в ходе ГИС-анализа пространственных данных, показала, что на территории природного парка находятся более 1500 ареалов ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica*) общей площадью более 7100 га.

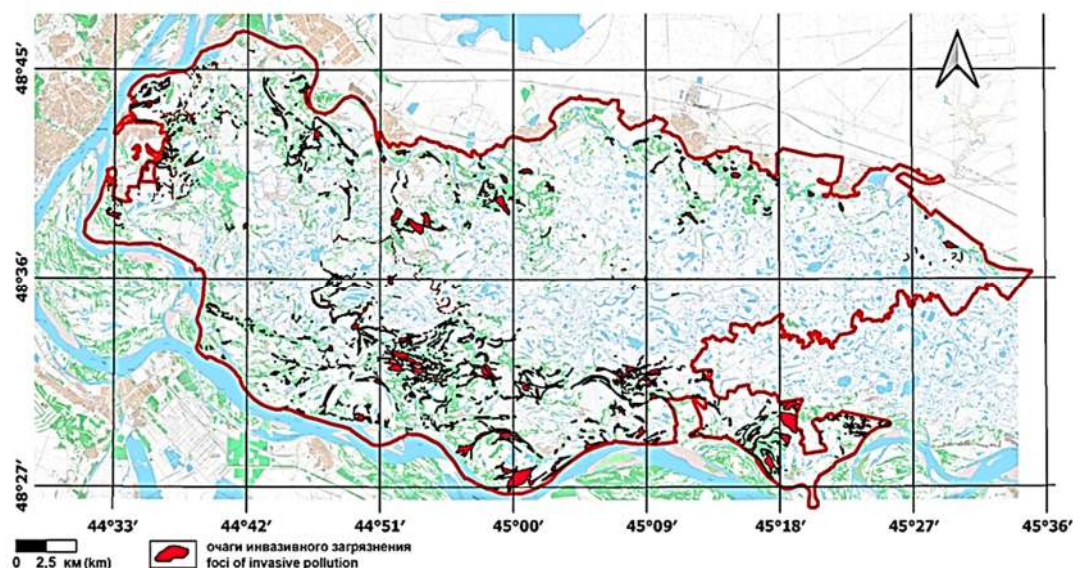


Рисунок 6 – Схема распространения очагов инвазивного загрязнения на территории Волго-Ахтубинской поймы

Figure 6 – Scheme of distribution pattern of foci of invasive pollution in the Volga-Akhtuba floodplain

Выводы. Таким образом, в результате проведения полевых исследований, фотоэталонирования, геокодирования и картографирования данных о пространственном распределении ареалов инвазии ясеня пенсильванского были созданы фотоэталон для дешифрирования ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica*), установлены географические координаты и составлены растровые и векторные карты ареалов, локализованных на территории Волго-Ахтубинской поймы. Установлено, что основная часть древесно-кустарниковой растительности размещена в западной части Волго-Ахтубинской поймы, здесь ее доля достигает 38 % от общей площади. Обработка результатов, полученных в ходе ГИС-анализа пространственных данных, показала, что на территории Волго-Ахтубинской поймы распространились более 1500 ареалов ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica*) общей площадью более 7100 га. Применение способа дешифрирования древесных пород на основе фенологических особенностей развития древесных пород обеспечило достоверное выделение ареалов инвазий на исследуемой территории. Полученные в ходе исследований результаты способствует принятию точных координатных мер по борьбе с распространением растений-«трансформеров».

Библиографический список

1. Антонов С. А., Скрипчинский А. В. Использование данных дистанционного зондирования для многолетнего мониторинга за состоянием агроландшафтов // Наука. Инновации. Технологии. 2018. №2. С.89-100.
2. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова, Н. В. Сидорова // Известия НВ АУК. 2018. №4 (52). С. 115-122.
3. Кравченко А. С., Юферев В. Г., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ ландшафтов Астраханского Заволжья // Известия НВ АУК. 2017. №4 (48). С. 154-163.
4. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юферев В. Г. Геоинформационное моделирование структуры и динамики агролесоландшафтов // Экосистемы: экология и динамика. 2017. №2. С. 5-20.
5. Особенности применения аэрокосмических методов в почвоведении / А. И. Исмаилов, З. Г. Алиев, Х. Р. Исмаева, А. Н. Бадалова, С. С. Талыбова // Вестник Курганской ГСХА. 2019. №3 (31). С. 3-8.

6. Юферов В. Г., Таранов Н. Н. Геоинформационная оценка распространения инвазивных древесных пород на территории Волго-Ахтубинской поймы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. №1 (53). С. 307-313.

7. Юферов В. Г., Таранов Н. Н. Ретроспективный анализ деградации лесов Волго-Ахтубинской поймы // Известия НВ АУК. 2016. №3 (43). С. 66-72.

8. Mapping the Flowering of an Invasive Plant Using Unmanned Aerial Vehicles: Is There Potential for Biocontrol Monitoring? / N. C. De Sá, P. Castro, S. Carvalho, E. Marchante, F. A. López-Núñez, H. Marchante // Front Plant Sci. 2018. №9. P. 293. Published 2018 Mar 8. doi:10.3389/fpls.2018.00293.

9. Review: advances in in situ and satellite phenological observations in Japan / S. Nagai, K. H. Nasahara, T. Inoue, T. M. Saitoh, R. Suzuki // Int J Biometeorol. 2016. № 60(4). P. 615-627. DOI:10.1007/s00484-015-1053-3.

10. Timing Is Important: Unmanned Aircraft vs. Satellite Imagery in Plant Invasion Monitoring / J. Müllerová, J. Brůna, T. Bartaloš, P. Dvořák, M. Vítková, P. Pyšek // Front Plant Sci. 2017. №8:887. Published 2017 May 31. doi:10.3389/fpls.2017.00887.

11. Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing for Field-Based Crop Phenotyping: Current Status and Perspectives / G. Yang, J. Liu, C. Zhao [et al.] // Front Plant Sci. 2017. №8:1111. Published 2017 Jun 30. doi:10.3389/fpls.2017.01111.

Conclusions. Thus, as a result of the field studies, photo etaloning, geocoding and mapping data about the spatial distribution of the areal of *Fraxinus pennsylvanica* was established photo etalons for decoding of the *Fraxinus pennsylvanica*, established the geographic coordinates and composed of raster and vector distribution maps, localized on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain. It is established that the main part of the tree and shrub vegetation is located in the Western part of the Volga-Akhtuba floodplain, where its share reaches 38% of the total area. Processing of the results obtained in the during of the GIS analysis of spatial data showed that more than 1,500 areals of *Fraxinus pennsylvanica* with a total area of more than 7,100 ha spread over the territory of the Volga-Akhtuba floodplain. The use of a method for deciphering wood species based on the phenological features of the development of wood species, provided a reliable identification of areas of infestations in the study area. The results obtained in the during of the research contribute to the approach of precise coordinate event to combat the spread of "transformers" plants.

Reference

1. Antonov S. A., Skripchinsky A. V. Use of remote sensing data for long-term monitoring of the state of agrolandscapes // Science. Innovation Technologies. 2018. No2. P. 89-100.

2. Geoinformation technologies in providing precision farming / A. S. Rulev, S. S. Shinkarenko, V. N. Bodrova, N. V. Sidorova // Bulletin of AUK. 2018. No4 (52). P. 115-122.

3. Kravchenko A. S., Yuferev V. G., Shinkarenko S. S. Geoinformation analysis of the landscapes of the Astrakhan Trans-Volga // Izvestiya NV AUK. 2017. No4 (48). P. 154-163.

4. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation modeling of the structure and dynamics of agroforestry // Ecosystems: ecology and dynamics. 2017. No2. P. 5-20.

5. Features of application of aerospace methods in soiling / A. I. Ismailov, Z. H. Aliyev, H. R. Ismatova, A. N. Badalova, S. S. Talybova // Bulletin of Kurgan State Agricultural Academy. 2019. No 3 (31). P. 3-8.

6. Yuferev V. G., Taranov N. N. Geoinformation assessment of the spread of invasive tree species on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain // Bulletin of the Lower Volga agricultural university. 2019. No.1 (53). P. 307-313.

7. Yuferev V. G., Taranov N. N. Retrospective analysis of forest degradation of the Volga-Akhtuba floodplain // Proceedings of NV AUK. 2016. No3 (43). P. 66-72.

8. Mapping the Flowering of an Invasive Plant Using Unmanned Aerial Vehicles: Is There Potential for Biocontrol Monitoring? / N. C. De Sá, P. Castro, S. Carvalho, E. Marchante, F. A. López-Núñez, H. Marchante // *Front Plant Sci.* 2018. №9. P. 293. Published 2018 Mar 8. doi:10.3389/fpls.2018.00293.

9. Review: advances in in situ and satellite phenological observations in Japan / S. Nagai, K. H. Nasahara, T. Inoue, T. M. Saitoh, R. Suzuki // *Int J Biometeorol.* 2016. № 60(4). P. 615-627. DOI:10.1007/s00484-015-1053-3.

10. Timing Is Important: Unmanned Aircraft vs. Satellite Imagery in Plant Invasion Monitoring / J. Müllerová, J. Brůna, T. Bartaloš, P. Dvořák, M. Vítková, P. Pyšek // *Front Plant Sci.* 2017. №8:887. Published 2017 May 31. doi:10.3389/fpls.2017.00887.

11. Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing for Field-Based Crop Phenotyping: Current Status and Perspectives / G. Yang, J. Liu, C. Zhao [et al.] // *Front Plant Sci.* 2017. №8:1111. Published 2017 Jun 30. doi:10.3389/fpls.2017.01111.

Authors Information

Yuferev Valery Grigorievich, principal research scientist – head of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), doctor of agricultural sciences. E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Taranov Nikolay Nikolayevich, Associate Professor, Volgograd Social and Pedagogical University (400005, Volgograd, 27 Lenin Ave., Volgograd, Volgograd, Volgograd Region.), candidate of agricultural sciences. E-mail: taranov-n@bk.ru

Информация об авторах

Юфереv Валерий Григорьевич, главный научный сотрудник – заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук.

E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Таранов Николай Николаевич, доцент ФГБОУ «Волгоградский социально-педагогический университет» (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. имени В.И. Ленина, 27), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: taranov-n@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-20

FUNGICIDAL ACTIVITY OF BENZOXAZOLINONE AND BENZOXAZOLINTHIONONE DERIVATIVES

Q. Giyasov, B. Sapaev, L.T. Djuraeva, G.S. Turaeva, I.Yu. Podkovyrov

*Tashkent State Agrarian University
Volgograd State Agrarian University*

Received 01.03.2020

Submitted 25.06.2020

Abstract

Introduction. Agricultural plant pathogens develop tolerance to pesticides, making protection difficult. The search for new effective active substances for the creation of drugs with systemic action is an urgent task. The research was carried out at the Department of Physics and Chemistry of the Tashkent State Agrarian University. The aim of the work was laboratory testing of new derivatives of benzoxazolinone and benzoxazolinone to identify their fungicidal activity. The tests involved 19 new compounds synthesized in the phytotoxicology laboratory of the Institute of Plant Chemistry named after academician S.Yu. Yunusov of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. The experiment was carried out in the form of a vegetation experiment according to the generally accepted method. **Results and discussion.** The plants were populated with pathogens, after which they were treated with solutions of active substances. It was found that 3-alkylbenzoxazolinones and 2-alkylthiobenzoxazoles exhibited fungicidal activity on the micelles of the fungi *Fugarium oxysporum* and *Verticillium dahlia*. Among them, 2-methylthiobenzoxazole inhibited spores of the fungi *Verticillium dahlia* by 96.4%, and benzoxazolyl-2-carbamic acid propyl ester by 62.58%. These compounds exhibit fungicidal action against the causative agents of powdery mildew on cucumbers - *Erysiphe cichoraceorum* and powdery mildew of wheat – *Erysiphe graminis*, approaching the control Karatan.

Conclusions. The data obtained will make it possible to develop new highly effective preparations for combating powdery mildew and wilt pathogens on agricultural crops. Promising active ingredients are absorbed into plant tissues, have a systemic effect and have a prolonged protective effect.

Key words: agriculture, chemical industry, herbicide, pesticide, preparation, seeds, compounds, acid, vinyl, methyl, butyl ether, wheat

Citation. Giyasov Q., Sapaev B., Djuraeva L. T., Turaeva G. S., Podkovyrov I. Yu.. Fungicidal activity of benzoxazolinone and benzoxazolinthion derivatives. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 198-205 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-20.

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 547.787.3

ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОКСАЗОЛИНОНА И БЕНЗОКСАЗОЛИНТИОНА

К. Гиясов¹, кандидат химических наук, доцент

Б. Сапаев¹, доктор физико-математических наук, профессор

Л. Т. Джураева¹, кандидат химических наук, доцент

Г. С. Тураева¹, ассистент

И. Ю. Подковыров², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Ташкентский государственный аграрный университет

²Волгоградский государственный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 01.03.2020

Дата принятия к печати 25.06.2020

Актуальность. Патогенные организмы сельскохозяйственных растений вырабатывают толерантность к пестицидам, что затрудняет защиту. Поиск новых эффективных действующих веществ для создания препаратов с системным действием является актуальной задачей. Исследования проводили на кафедре «Физика и химия» Ташкентского государственного аграрного университета. Целью работы было лабораторное испытание новых производных бензоксазолинона и бензоксазолинтiona для выявления их фунгицидной активности. В испытаниях участвовали 19 новых соединений, синтезированных в лаборатории фитотоксикологии ИХРВ АН РУз. Эксперимент проводили в виде вегетационного опыта по общепринятой методике. **Результаты и обсуждение.** Растения заселяли возбудителями заболеваний, после чего проводили обработку растворами действующих веществ. Установлено, что 3-алкилбензоксазолиноны и 2-алкилтиобензоксазолы проявили фунгицидную активность на мицелий грибов *Fugarium oxysporum* и *Verticillium dahlia*. Среди них 2-метилтиобензоксазол подавлял споры грибов *Verticillium dahlia* на 96,4 %, а пропиловый эфир бензоксазолил – 2-карбаминовой кислоты на 62,58 %. Эти соединения проявляют фунгицидное действие против возбудителей мучнистой росы на огурцах – *Erysiphe cichoraceorum* и мучнистой росы пшеницы – *Erysiphe graminis*, приближающиеся к контролю Каратан. **Выводы.** Полученные данные позволят разработать новые высокоэффективные препараты для борьбы с возбудителями мучнистой росы и вилта на сельскохозяйственных культурах. Перспективные действующие вещества впитываются в растительные ткани, обладают системным действием и имеют пролонгированный защитный эффект.

Ключевые слова: химизация земледелия, фунгицидная активность пестицидов, фитотоксикология, возбудители мучнистой росы, химическая защита растений.

Цитирование. Гиясов К., Сапаев Б., Джураева Л. Т., Г. С. Тураева, Подковыров И. Ю.. Фунгицидная активность производных бензоксазолинона и бензоксазолинтiona. *Известия НВ АУК.* 2020. 3 (59). 198-205. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Правительство придает большое значение дальнейшему подъёму сельского хозяйства. Существенное место в этих мероприятиях уделено химизации земледелия. За последние годы принят ряд важнейших постановлений, определивших основные направления развития химической индустрии. Правительство обратило внимание на необходимость широкого развития научных исследований по созданию гербицидов, фунгицидов и препаратов для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, организации поиска и промышленного производства новых пестицидов [2].

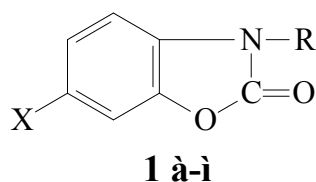
Совершенствование химических соединений для средств защиты растений является актуальной задачей. Патогенные организмы формируют резистентность к действующим веществам при регулярном их применении [6]. В связи с этим поиск новых соединений, обладающих высокой биологической эффективностью в подавлении развития и распространения инфекции, представляет как теоретический, так и практический интерес [3, 5]. Особую ценность при этом имеют системные препараты, обладающие как защитными, так и лечущими свойствами [8, 9].

Среди производных бензоксазолинона и его сернистого аналога – бензоксазолинтiona – известен ряд биологически активных веществ. Бензоксазолинон в малых дозах стимулирует, а в значительных дозах ингибирует произрастание семян, т.е. проявляет себя как природный регулятор роста растений. Бензоксазолинон и его 6-метоксизамещенный обладают системным фунгицидным действием [4]. Ещё более сильными фунгицидами являются 6-галогензамещенные бензоксазолиноны, которые предложены в качестве средств защиты от разрушения микроорганизмами текстиля, бумаги, шерсти и других материалов. В этом ряду соединений известны также гербициды [7]. Кроме этого, они проявляют фармакологическое действие [10]. Ряд производных бензоксазолинона и бензоксазолинтiona предложены в качестве инсектицидов. Среди них о,о-диэтилтиофосфорилметил-6-хлорбензоксазолинон (препарат «Фозалон»), который широко используется в сельском хозяйстве как заменитель ДДТ.

Целью работы было лабораторное испытание новых производных бензоксазолинона и бензоксазолинтiona для выявления их фунгицидной активности. В испытаниях участвовали 19 новых соединений, синтезированных в лаборатории фитотоксикологии ИХРВ АН РУз.

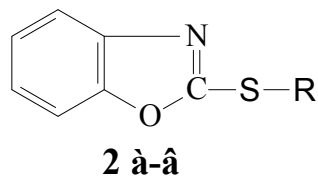
Исследования новых соединений проведены в вегетационном опыте, выполненном по общепринятой методике на культурах огурца и пшеницы [1]. Использовали генетически неустойчивые к инфекции сорта огурца «Многоплодный ВСХВ» и пшеницы «Краснозерная». В качестве тестовых организмов использованы патогенные грибы *Fusarium oxysporum* и *Verticillium dahlia* (возбудители вилта) и *Erysiphe cichoracearum* и *Erysiphe graminis* (возбудители мучнистой росы). Для оценки действия соединений определяли подавление развития патогенных организмов на растениях.

Результаты и обсуждение. Фунгицидная активность синтезированных соединений обусловлена подавлением процессов метаболизма в мицелии грибов. При поиске новых действующих веществ для создания средств защиты растений представляют интерес соединения, оказывающие точечное действие только на патогенные организмы. Синтезированные в настоящей работе 3-алкилбензоксазолиноны (1), 2-алкилтиобензоксазолины (2), 3-триметилбензоксазолиноны (3) и алкиловые эфиры бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты (4) [11,12] испытывались в качестве фунгицидов в лаборатории фитотоксикологии ИХРВ АН РУз.



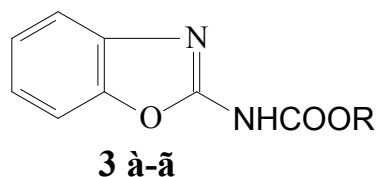
3-алкилбензоксазолиноны (1)

1а R=CH₃, X=H; б R=CH₃, X=Cl; в R=CH₃, X=Br; г R=CH₃, X=NO₂; д R=C₃H₇, X=Br; е R=-CH₂-CH=CH₂, X=H; ж R=-CH₂-CH=CH₂, X=Cl; з R=-CH₂-CH=CH₂, X=Br; к R=-C(C₆H₅)₃, X=H, л R=-C(C₆H₅)₃, X=Cl; м R=-C(C₆H₅)₃, X=Br



2-алкилтиобензоксазолы (2)

2а R=CH₃; б R=-CH₂-CH=CH₂; в R=-CH₂C₆H₅



Алкиловые эфиры бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты (3)

3а R=CH₃; б R=C₂H₅; в R=C₃H₇; г R=C₄H₉

а) Противовилтовая активность. Использовали новые соединения в виде водных растворов с концентрацией 0,05 % действующие вещества. Далее 3-алкилбензоксазолиноны, 3-тритилбензоксазолиноны, 2-алкилтиобензоксазолы и алкиловые эфиры бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты проявили слабую фунгицидную активность на мицелии грибов *Fusarium oxysporum* и *Verticillium dahlia*, среди них 2-метилтиобензоксазол подавлял споры грибов *Verticillium dahlia* на 96,4 %. Фунгицидная активность 3-винилбензоксазолинтиона лучше, чем у 3-винилбензоксазолинона, 3-тритилбензоксазолинона проявили слабую фунгицидную активность (таблица 1).

Таблица 1 – Противовилтовая активность (подавление развития, %) синтезированных соединений

Table 1 – Antiviral activity (inhibition of development, %) of synthesized compounds

№	Соединение / Chemical compound	Фузариоз / <i>Fusarium oxysporum</i>	Вертициллез / <i>Verticillium dahlia</i>
1	2	3	4
1	Контроль-БМК (Метилвый эфир бензимидазолил-2-карбаминовой кислоты) / Control-BMC (benzimidazolyl-2-carbamic acid Methyl ester)	100	100
2	3-метилбензоксазолинон(1а) / 3 methylbenzoxazolinon(1A)	0,0	7,1
3	3-Метил-6-хлорбензоксазолинон(1б) / 3-Methyl-6-chlorobenzoxazole(1B)	30,8	0,0
4	3-Метил-6-бромбензоксазолинон(1в) / 3-Methyl-6-bromobenzonitrile(1B)	24,6	0,0
5	3-Метил-6-нитробензоксазолинон(1г) / 3-Methyl-6-nitro benzoxazolinone(1G)	31,3	36,4
6	3-Пропил-6-бромбензоксазолинон(1д) / 3-Propyl-6-bromobenzonitrile(1D)	43,66	0,0
7	3-Винилбензоксазолинон(1е) / 3-Vinylbenzoate(1E)	6,9	0,0
8	3-Винил-6-хлорбензоксазолинон(1ж) / 3-Vinyl-6-chlorobenzoxazolone(1J)	4,5	0,0
9	3-Винил-6-бромбензоксазолинтион(1з) / 3-Vinyl-6-bromobenzonitrile(1H)	0,0	11,1
10	3-Трибензоксазолинон(1к) / 3 Dibenzoxazepine(1K)	23,94	49,38

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
11	3-Тритил-6 – хлорбензок-сазолинон(1л) / 3-Trityl-6 – chlorbenzoic of casalino(1l)	22,53	39,05
12	3-Тритил-6 –бромбензокса-золинон(1м) / 3-Trityl-6 –brombenzene of salinan(1m)	27,11	47,99
13	2-Метилтиобензоксазол(2а) / 2-Methylthiotetrazole(2A)	0,0	96,4
14	3-Винилбензоксазолинтинион(2б) / 3-Universalization(2B)	31,9	34,24
15	2-Бензилтиобензоксазол(2в) / 2-Benzylthio benzoxazole(2 V)	29,66	58,61
16	Метилловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты (3а) / Benzoxazolyl-2-carbamic acid methyl ester (3A)	16,19	45,0
17	Этиловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты(3б) / Ethyl ether of benzoxazolyl-2-carbamic acid(3b)	39,85	50,16
18	Пропиловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты (3в) / Propyl ether of benzoxazolyl-2-carbamic acid(3 V)	25,66	62,58
19	Бутиловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты (3г) / Butyl ether of benzoxazolyl-2-carbamic acid (3G)	29,66	65,0

б) Активность против мучнистой росы. Синтезированные 3 –тритилбензоксазолиноны и алкиловые эфиры бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты изучены в качестве фунгицида против мучнистой росы огурцов и пшеницы. Растения в фазе нескольких листьев обрабатывали водными суспензиями испытуемых препаратов, контрольные – водой. После высыхания растения искусственно заражали водной суспензией, содержащей в 1 мл воды 200 тысяч конидий. Эталон в опыте служил Каратан (2,4 –динитро-6- фтор-октилфенолкротанат. Учет развития болезни на огурцы проводили 10-15 дней. Повторность опытов трехкратная.

Таблица 2 – Активность синтезированных соединений против возбудителя мучнистой росы

Table 2 – Activity of synthesized compounds against powdery mildew pathogen

№	Соединение / Chemical compound	Концентрация по д.в. в % / The concentration of active substance in %	Подавление развития муч- нистой росы, % / Suppressing the development of powdery mildew, %	
			у огурцов / at cucumbers	у пшеницы / in wheat
1	2	3	4	5
1	Контроль (Каратан) / Control (Karatan)	0,1	98,0	100
2	3-Тритилбензоксазолинон(1к) / 3-Tritilbenzoxazolinone(1K)	0,1	86,0	90,0
3	3-Тритил-6 – хлорбензок-сазолинон(1л) / 3-Trityl-6 – chlorbenzoic of casalino(1l)	0,1	80,0	88,0
		0,5	69,0	86,0
		0,025	69,0	75,0
4	3-Тритил-6 – бромбензокса-золинон(1м) / 3-Trityl-6 –brombenzene of salinan(1m)	0,1	84,0	91,0
		0,5	80,0	86,0
		0,025	80,0	83,0
5	Метилловый эфир бензоксазолил-2- карбаминовой кислоты(3а) / Benzoxazolyl-2-carbamic acid methyl es- ter(3A)	0,1	73	80
		0,5	70	77
		0,025	69	70

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
6	Этиловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты(3б) / Ethyl ether of benzoxazolyl-2-carbamic acid(3b)	0,1	85	87
		0,5	77	82
		0,025	64	69
7	Пропиловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты(3в) / Propyl ether of benzoxazolyl-2-carbamic acid(3b)	0,1	80	84
		0,5	76	80
		0,025	68	71
8	Бутиловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты(3г) / Butyl ether of benzoxazolyl-2-carbamic acid(3G)	0,1	85	91
		0,5	80	88
		0,025	69	76

В результате проведенных работ установлено, что испытанные вещества не оказывают фитотоксичного действия, не угнетают рост и развитие растений. Как показывают данные таблицы 2, 3-третилбензоксазолиноны и алкиловые эфиры бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты проявляют фунгицидное действие против возбудителя мучнистой росы огурцов – *Erysiphe cichoracearum* и мучнистой росы пшеницы – *Erysiphe graminis* приближающееся к контролю.

Выводы. Таким образом, определено влияние индивидуальных структурных характеристик на фунгицидную активность более 20 соединений. Наибольшую фунгицидную активность проявил 2-метилтиобензоксазол, который подавлял развитие спор грибов *Verticillium dahlia*. Биологическая эффективность его действия в вегетационном опыте составила 96,4 %. Отмечено, что 3-третилбензоксазолиноны и алкиловые эфиры бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты проявляют фунгицидное действие против возбудителя мучнистой росы огурцов – *Erysiphe cichoracearum* и мучнистой росы пшеницы – *Erysiphe graminis*. Также имеет высокую эффективность на уровне контроля бутиловый эфир бензоксазолил-2-карбаминовой кислоты, который обладал наибольшей активностью против мучнистой росы огурцов (91 %).

Библиографический список

1. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности / В. И. Долженко, А. Б. Лаптев, Л. А. Буркова, О. В. Долженко [и др.]. Москва: Министерство сельского хозяйства РФ, 2018. 61 с.
2. Монастырский О. А., Глинушкин А. П., Соколов М. С. Проблема обеспечения продовольственной независимости и безопасности России и пути ее решения // Агрохимия. 2016. № 11. С. 3-11.
3. Новый способ изучения резистентности видов грибов рода *Fusarium* к фунгицидам / Н. Н. Дубровская, И. В. Гусев, Г. Н. Бучнева, Щ. И. Корабельская, В. В. Чекмарев // Российская наука в современном мире: сборник статей XX международной научно-практической конференции, 2019. С. 5-7.
4. Олимова М. И., Мухамедов Н. С., Элмурадов Б. Ж. Синтез эфиров β-п-бензоксазолинон-2-ил пропионовой кислоты и их некоторые модификации // Химия и химическая технология. 2016. № 4 (55). С. 21-23.
5. Оценка эффективности фунгицидов в отношении видов грибов рода *Fusarium* с применением метода агаровых пластин / Н. Н. Дубровская, В. В. Чекмарев, Г. Н. Бучнева, О. И. Корабельская, М. Н. Дубровская // Eurasia Science: сборник статей XVII международной научно-практической конференции. Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2018. С. 5-6.
6. Распространение грибов рода *Fusarium* Link. на зерновых культурах / А. П. Глинушкин, А. В. Овсянкина, М. И. Киселева, Т. М. Коломиец // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 19-25.

7. Фитосанитарный контроль растений / А. Ю. Москвичев, Т. Л. Карпова, Т. В. Константинова, И. А. Корженко, А. С. Межевова. ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2015.
8. Defeat Fusarium fungi underground and aboveground system of wheat in the conditions of gray-forest and dark chestnut soils / V. Strel'tsova, A. Sevryugina, Y. Spiridonov, A. Ovsyankina, A. Gerner // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 390(1). P. 123-136.
9. Microbial preparations and growth regulators as a means of biologization in agriculture / V. A. Semykin, I. Y. Pigorev, A. A. Tarasov, A. P. Glinushkin, S. A. Plygun, I. I. Sycheva // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. № 11 (59). P. 3-9.
10. Two crystalline polymorphic forms of α -(n-benzoxazolin-2-one) acetic acid / J. M. Ashurov, L. Y. Izotova, B. T. Ibragimov, N. S. Mukhamedov // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2017. V. 91. № 1. P. 106-110.

Conclusions. Thus, the influence of individual structural characteristics on the fungicidal activity of more than 20 compounds was determined. The greatest fungicidal activity was shown by 2-methylthiobenzoxazole, which suppressed the development of spores of *verticillium dahlia* fungi. The biological effectiveness of its action in the vegetation experiment was 96.4 %. It was noted that 3-tritilbenzoxazolinones and alkyl esters of benzoxazolyl-2-carbamic acid exhibit a fungicidal effect against the causative agent of cucumber powdery mildew-*Erysiphe cichoracearum* and wheat powdery mildew-*Erysiphe graminis*. Also, the butyl ester of benzoxazolyl-2-carbamic acid, which had the highest activity against powdery mildew of cucumbers (91%), is highly effective at the control level.

Reference

1. Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam pesticidov v chasti biologicheskoy jeffektivnosti / V. I. Dolzhenko, A. B. Laptiev, L. A. Burkova, O. V. Dolzhenko [i dr.]. Moskva: Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF, 2018. 61 p.
2. Monastyrskij O. A., Glinushkin A. P., Sokolov M. S. Problema obespecheniya prodovol'stvennoj nezavisimosti i bezopasnosti Rossii i puti ee resheniya // Agrohimiya. 2016. № 11. P. 3-11.
3. Novyj sposob izucheniya rezistentnosti vidov gribov roda Fusarium k fungicidam / N. N. Dubrovskaya, I. V. Gusev, G. N. Buchneva, Sch. I. Korabel'skaya, V. V. Chekmarev // Rossijskaya nauka v sovremennom mire: sbornik statej XX mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 2019. P. 5-7.
4. Olimova M. I., Muhamedov N. S., Jelmuradov B. Zh. Sintez jefirov -- n-benzoksazolinon-2-il propionovoj kisloty i ih nekotorye modifikacii // Himiya i himicheskaya tehnologiya. 2016. № 4 (55). P. 21-23.
5. Ocenka jeffektivnosti fungicidov v otnoshenii vidov gribov roda Fusarium s primeneniem metoda agarovyh plastin / N. N. Dubrovskaya, V. V. Chekmarev, G. N. Buchneva, O. I. Korabel'skaya, M. N. Dubrovskaya // Eurasia Science: sbornik statej XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Nauchnoizdatel'skij centr "Aktual'nost'. RF", 2018. P. 5-6.
6. Rasprostranenie gribov roda Fusarium Link. na zernovyh kul'turah / A. P. Glinushkin, A. V. Ovsyankina, M. I. Kiseleva, T. M. Kolomicz // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2018. № 2. P. 19-25.
7. Фитосанитарный контроль растений / А. Ю. Москвичев, Т. Л. Карпова, Т. В. Константинова, И. А. Корженко, А. С. Межевова. ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2015.
8. Defeat Fusarium fungi underground and aboveground system of wheat in the conditions of gray-forest and dark chestnut soils / V. Strel'tsova, A. Sevryugina, Y. Spiridonov, A. Ovsyankina, A. Gerner // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 390(1). P. 123-136.
9. Microbial preparations and growth regulators as a means of biologization in agriculture / V. A. Semykin, I. Y. Pigorev, A. A. Tarasov, A. P. Glinushkin, S. A. Plygun, I. I. Sycheva // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. № 11 (59). P. 3-9.
10. Two crystalline polymorphic forms of α -(n-benzoxazolin-2-one) acetic acid / J. M. Ashurov, L. Y. Izotova, B. T. Ibragimov, N. S. Mukhamedov // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2017. V. 91. № 1. P. 106-110.

Author information:

Giyasov Quchqar, c.ch.s., docent of the department of "Physics and chemistry" of the Tashkent state agrarian university, (97) 714 19 46, giyasov1979@gmail.com.

Sapaev Bayramdurdi, doctor of physical and mathematical, professor, the head of the department of "Physics and chemistry" of the Tashkent state agrarian University, sapaev.60@mail.ru.

Djuraeva Lola Torobaevna, c.ch.s., docent of the department of "Physics and chemistry" of the Tashkent state agrarian university, parmelia@mail.ru.

Turaeva Gulzoda Suyunovna, assistant lecturer of the department of "Physics and chemistry" of the Tashkent state agrarian University, gulzoda_2002@gmail.com.

I.Yu. Podkovyrov, candidate of agricultural sciences, associate professor, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetsky Avenu, Volgograd, Russia, 400002), agrosad@inbox.ru

Информация об авторах:

Гиясов Кучкар, к.х.н., доцент кафедры «Физика и химия» Ташкентского государственного аграрного университета (ПУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская, 2), (97)-714-19-46, giyasov1979@gmail.com.

Сапаев Байрамдурди, заведующий кафедрой «Физика и химия» Ташкентского государственного аграрного университета (ПУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская, 2), доктор физико-математических наук, профессор, +99899 – 888-10-69, E-mail: sapaev.60@mail.ru.

Джураева Лола Туробоевна, к.х.н., доцент кафедры «Физика и химия» Ташкентского государственного аграрного университета (ПУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская, 2), parmelia@mail.ru.

Тураева Гулзода Сууюновна, ассистент кафедры «Физика и химия» Ташкентского государственного аграрного университета (ПУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская, 2), gulzoda_2002@gmail.com.

Подковыров Игорь Юрьевич, заведующий кафедрой «Садоводство и защита растений», к.с-х.н., доцент ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), agrosad@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-21

**MODERNIZATION OF SEED PRODUCTION METHODS
OF SOYBEAN VARIETIES IN THE LOWER VOLGA REGION**

T. S. Koshkarova¹, V. V. Tolokonnikov², G. P. Kantser², S. S. Mukhametkhanova²

¹ of Federal State Budget Scientific Institution «Federal scientific center»
all-Russian research Institute of oilseeds named after V. S. Pustovoyt», Krasnodar, Russia

² of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute
of Irrigated Agriculture», Volgograd, Russia

Received 17.05.2020

Submitted 14.08.2020

Abstract

Introduction. Domestic co-production, located in more Northern latitudes and arid climatic conditions, especially needs to rationalize the introduction of strictly adapted to a specific area of varieties with different maturation periods and improve methods of their seed production. In agricultural production, it is important to use the most responsive soybean varieties to improve methods for increasing the yield and seeding quality of seeds, including the treatment of seeds with biorational means and the selection of a large fraction of seeds from the total grain hopper mass. **Object.** The object of study is soybean variety selection of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture» and methods of seed production. **Materials and methods.** It is proved that the use of biorational means increases the yield of varieties Volgogradka 2 (precocious) and «VNIIOZ 86» (ultra-precocious) by 11.6-29.1% compared to the yield of these varieties obtained without their use. This technique also increases the energy of germination of seeds of these varieties by 7.6-14.8% and their reproduction coefficient by 15.6-29.1% relative to the values of these indicators for seeds grown without pre-sowing treatment with biostimulators. **Results and conclusions.** Varieties with longer maturation periods – «VNIIOZ 76» and Volgogradka 1-are less susceptible to pre-sowing seed treatment with biorational means: the energy of germination of their seeds increases sig-

nificantly less-by 7.2 - 11.9%, and the Volgogradka 1 variety, in addition, is characterized by the smallest increase in the seed propagation coefficient-by 11.4-18.9% relative to the values of these indicators for seeds obtained without using this technique. It was found that the calibration of seeds contributes to the growth of yield only of the ultra-ripe variety «VNIIОЗ 86» and increases the seeding quality of its seeds. Other varieties under study are poorly responsive to this agricultural approach, which is important to consider when preparing seeds for sowing. The most significant effect for all classes gives the joint application of presowing treatment of seeds rizotorfina nikiana and.

Key words: soybean, cultivars, yield, germination energy, seed reproduction and calibration coefficient, bischofite, nikfan, rhizotorfin.

Citation. Koshkarova T. S., Tolokonnikov V.V., Kantser G.P., Mukhametkhanova S.S. Modernization of seed production methods of soybean varieties in the lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 205-211 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-21.

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 633.34:631.526.32(470.44/.47)

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДОВ СЕМЕНОВОДСТВА СОРТОВ СОИ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Т. С. Кошкарлова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В. В. Толоконников², доктор сельскохозяйственных наук

Г. П. Канцер²

С. С. Мухаметханова²

¹ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», г. Краснодар, Россия

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

Дата поступления в редакцию 17.05.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Актуальность. Отечественному соепопроизводству, размещенному в более северных широтах и аридных климатических условиях, особенно необходимо рационализировать внедрение строго адаптированных к конкретному ареалу сортов с различными сроками созревания и улучшать методы их семеноводства. В сельскохозяйственном производстве важно использовать сорта сои, наиболее отзывчивые на совершенствование приемов повышения урожайности и посевного качества семян, в том числе на обработку семян биорациональными средствами и отбор крупной фракции семян из общей бункерной массы зерна. **Объект.** Объектом исследования являются сорта сои селекции ФГБНУ ВНИИОЗ и методы семеноводства. **Материалы и методы.** Доказано, что применение биорациональных средств повышает урожайность сортов Волгоградка 2 (скороспелый) и ВНИИОЗ 86 (ультраскороспелый) на 11,6-29,1 % по сравнению с урожайностью этих сортов, полученной без их применения. Данный прием также повышает энергию прорастания семян этих сортов на 7,6-14,8 % и коэффициент их размножения на 15,6-29,1 % относительно значений этих показателей у семян, выращенных без предпосевной обработки биостимуляторами. **Результаты и выводы.** Сорта с более продолжительными сроками созревания – ВНИИОЗ 76 и Волгоградка 1 – менее восприимчивы к предпосевной обработке семян биорациональными средствами: энергия прорастания их семян увеличивается заметно меньше – на 7,2-11,9 %, а сорт Волгоградка 1, кроме этого, характеризуется наименьшим повышением коэффициента размножения семян – на 11,4-18,9 % относительно значений этих показателей у семян, полученных без использования этого приема. Установлено, что калибрование семян способствует росту урожайности только ультраскороспелого сорта ВНИИОЗ 86 и повышает посевные качества его семян. Другие изучаемые сорта слабо отзывчивы на этот агроприем, что важно учитывать при подготовке семян к посеву. Наиболее значимый эффект для всех сортов дает применение совместной предпосевной обработки семян никфаном и ризоторфином.

Ключевые слова: *соя, сорта сои, урожайность сои, энергия прорастания сои, коэффициент размножения семян, калибрование семян, бишофит, никфан, ризоторфин.*

Цитирование. Кошкарлова Т. С., Толоконников В. В., Канцер Г. П., Мухаметханова С. С. Модернизация методов семеноводства сортов сои в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 205-211. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Существенный вклад в научное обеспечение соеопроизводства вносят селекция и семеноводство, финансирование которых в ближайшие 3-5 лет, по оценкам многих экспертов, будет удвоено [7, 10, 12].

Семеноводство является теоретической и практической основой реализации генетического потенциала продуктивности сорта. Поэтому важнейшими его задачами являются сохранение генотипа сорта в процессе его репродуцирования и реализация потенциала урожайности и размножения семян в количестве, требуемом производством [3, 5, 6, 8].

В регионе Нижнего Поволжья возделывание сои тесно связано с орошением, которое сопровождается значительной долей затрат на поливную воду (29,9- 37,1 % от общих издержек производства) и удобрения (16,4-21,9 %) [1, 9]. Поэтому важно усовершенствовать методы производства семян адаптированных сортов сои волгоградской селекции.

Положительное влияние биостимуляторов роста на урожайность товарной сои изучено достаточно полно, в том числе и в условиях орошения [9, 11]. Однако посевные характеристики семян этой культуры при их инкрустации комплексом росторегуляторов не совсем детально освещены в научных изданиях, особенно их применение для различных по срокам созревания сортов.

Целью научно-исследовательской работы являлось совершенствование методов отбора наиболее ценных семян сои с применением биорациональных средств и калибрования.

Материалы и методы. Влияние биорациональных средств на урожайность сортов ВНИИОЗ 86, Волгоградка 2, ВНИИОЗ 76, Волгоградка 1 и посевные качества их семян изучали на основе проведения предпосевной обработки семян водными растворами бишофита (20 %) и никфана (0,01 %) совместно с соевым ризоторфином.

Для определения энергии прорастания семян в соответствии с требованиями национального стандарта РФ ГОСТ Р 52325-2005 [2] семена проращивали в лабораторных условиях (в термостате). Контролем служили семена, выращенные без предпосевной обработки биорациональными средствами.

Отбор крупной фракции семян изучаемых сортов проводили калиброванием на круглых решетках диаметром 6 мм, доводя массу 1000 зерен до следующих значений: ВНИИОЗ 86 – до 170,0 г (без калибрования – 155,6 г), Волгоградка 2 – до 175,0 г (без калибрования – 153,2 г), ВНИИОЗ 76 – до 142,9 г (без калибрования – 129,5 г), Волгоградка 1 – до 123,0 г (без калибрования 116 г). В качестве контроля использовали семена, полученные без предпосевого калибрования.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали высокую эффективность комплексной обработки семян биорациональными средствами различных по периоду вегетации сортов сои, выращиваемых в условиях орошения (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние обработки семян биорациональными средствами и калибрования на урожайность и показатели посевного качества семян
(средние данные за 2017-2019 годы)

Table 1 – Influence of biorational seed treatment and calibration on yield and seed quality indicators (average data for 2017-2019)

Сорт / Variety	Норма вы- сева семян, кг/га / Seeding rate, kg / ha	Вариант опыта / Option experience	Урожайность кондиционных семян, т/га Yield of conditioned seeds, t / ha	Отклонение от контроля, % Deviation from control, %	Энергия прорастания семян, % The energy of germination of seeds, %	Отклонение от контроля, % Deviation from control, %
ВНИИОЗ 86 (ультраскороспе- лый) / VNIIOZ 86 (ultra-precocious)	77,8	Контроль / control	1,55	-	64,0	-
		бишофит + ризоторфин / bishofit + risotorphine	1,73	11,6	72,4	13,1
		никфан + ризоторфин / nichan + risotorphine	1,79	15,5	73,5	14,8
	85,0	калибрование / calibration	1,84	18,7	76,3	19,2
Волгоградка 2 (ско- респелый) / Volgogradka 2 (precocious)	76,6	контроль / control	2,13	-	75,2	-
		бишофит + ризоторфин / bishofit + risotorphine	2,56	20,1	80,9	7,6
		никфан + ризоторфин / nichan + risotorphine	2,75	29,1	82,8	10,1
	87,5	калибрование / calibration	2,29	7,5	78,2	4,0
ВНИИОЗ 76 (среднескороспе- лый) / VNIIOZ 76 (medium-early)	64,8	контроль / control	1,98	-	72,1	-
		бишофит + ризоторфин / bishofit + risotorphine	2,31	16,7	79,6	10,4
		никфан + ризоторфин / nichan + risotorphine	2,46	24,2	80,7	11,9
	71,5	калибрование / calibration	2,06	4,0	73,3	1,7
Волгоградка 1 (среднеспелый) / Volgogradka 1 (medium-ripe)	58,0	контроль / control	2,18	-	80,7	-
		бишофит + ризоторфин / bishofit + risotorphine	2,43	11,5	86,5	7,2
		никфан + ризоторфин / nichan + risotorphine	2,59	18,8	88,3	9,4
	61,5	калибрование / calibration	2,4	10,1	85,9	6,4
НСР ₀₅	A	0,11				
	B	0,08				
	AB	0,11				

Наибольшая прибавка урожайности всех изучаемых сортов отмечалась при совместной предпосевной обработке семян никфаном и ризоторфином – 15,5-29,1 %, при совместной предпосевной обработке семян бишофитом и ризоторфином она была за-

метно меньше – 11,5-20,1 % относительно урожайности сортов при посеве семенами, не прошедшими обработку биостимуляторами. Поэтому в семеноводстве важно применять биорациональные средства с учетом отзывчивости на них современных сортов.

Применение предпосевного калибрования семян изучаемых сортов сои, выращиваемых в условиях орошения, не показало однозначных результатов. Самым отзывчивым на выделение крупной фракции семян оказался ранний сорт ВНИИОЗ 86, прибавка урожайности составила 18,7 % относительно урожайности, полученной при посеве семенами, не прошедшими такую обработку. Посев крупными семенами других сортов на их продуктивности сказался слабо.

Энергия прорастания семян тесно связана с урожайностью коэффициентом корреляции $r = 0,68-0,77$. Более высоким увеличением энергии прорастания семян при предпосевной обработке биорациональными средствами характеризовался сорт ВНИИОЗ 86. Энергия прорастания его семян увеличилась на 13,1-14,8 % по сравнению с энергией прорастания семян, выращенных без такой обработки.

Внедрение сортов сои в сельскохозяйственное производство непосредственно связано с коэффициентом размножения семян. Существует мнение [4, 6], что для мелкосемянных сортов характерно более высокое значение коэффициента размножения семян, чем для средне- и крупносемянных. Результаты исследований показали, что применением описанных методов предпосевной обработки семян биологически разных сортов сои можно добиться значительного повышения коэффициента размножения семян как мелкосемянных, так и крупносемянных сортов. Так, коэффициент размножения семян сорта ВНИИОЗ 76 увеличился на 16,7-24,6 %, сорта Волгоградка 2 – на 20,1-29,1 % по сравнению со значением коэффициента размножения семян, полученных без использования обработки семян биостимуляторами указанных методов.

Предпосевное калибрование оказало существенный положительный эффект на коэффициент размножения семян только сорта Волгоградка 2, который увеличился на 20,8 % относительно значения этого показателя у семян, выращенных без использования этого приема. Менее выражено предпосевное калибрование влияло на повышение коэффициента размножения семян сорта ВНИИОЗ 86, он вырос на 12,5 %. Предпосевное калибрование семян других сортов на коэффициент размножения выращенных семян практически не повлияло.

Выводы. Применять биорациональные средства необходимо с учетом сроков созревания сортов сои и показателей характеристики посевного качества семян.

Регулярно подвергать семеноводческой проработке ранние сорта (ВНИИОЗ 86).

Проведение комплексной предпосевной обработки семян биостимуляторами никфаном (0,01 %) и ризоторфином эффективно для всех сортов сои волгоградской селекции.

Предпосевное калибрование семян целесообразно практиковать только для скороспелых сортов сои (Волгоградка 2, ВНИИОЗ 86).

Библиографический список

1. Бурляева М. О., Ростова Н. С. Изменчивость структуры корреляций морфологических и хозяйственных признаков у сои с разным типом роста и характером ветвления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 78-86.
2. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Грядунова Н. В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2 (26). С. 4-10.
3. Модернизация селекции сои нижневолжского экотипа в связи с аридизацией климата / В. В. Толоконников, А. А. Новиков, В. Б. Нарушев, Т. С. Кошкарлова // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1506-1521.

4. Некрасов А. Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 1. С. 48-52.
5. Новый способ первичного семеноводства сои в условиях орошения / В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева, Т. С. Кошкарлова // Орошаемое земледелие. 2018. №1. С. 23-24.
6. Слободяник Н. С. Выведение новых сортов сои в процессе производства оригинальных семян // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. Вып. 1 (32). Ч. 1. С. 104-105.
7. Сохранение генетической идентичности сортов сои и совершенствование технологии семеноводства в условиях орошения / В. В. Толоконников, Т. С. Кошкарлова, Г. П. Канцер, С. В. Иленева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №4 (52). С. 59-65.
8. Тедеева А. А., Хохоева Н. Т., Тедеева В. В. Усовершенствованные элементы технологии возделывания зернобобовых культур // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 59-64.
9. Чамурлиев О. Г., Толоконников В. В. Соя при орошении в Нижнем Поволжье: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. 156 с.
10. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections / J. Miladinović, M. Čeran, V. Đorđević, S. Balešević-Tubić, K. Petrović, V. Đukić, D. Miladinović // Frontiers in Plant Science. 2018. V. 9. P. 1286.
11. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / C. Müller, P. F. Batista, A. C. Costa, F. B. da Silva, A. Merchant, D. Fuentes, A. A. Rodrigues // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.
12. Robison J. D., Yamasaki Y., Randall S. K. The ethylene signaling pathway negatively impacts cbf/dreb-regulated cold response in soybean (glycine max) // Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10. P. 121.

Conclusions. It is necessary to apply biorational means taking into account the maturation time of soybean varieties and indicators of the characteristics of the seed quality.

Regularly subject early varieties to seed development (VNIIOZ 86).

Carrying out complex pre-sowing treatment of seeds with biostimulators nikfan (0.01 %) and rizotorfin is effective for all varieties of soybeans of Volgograd selection.

Preseeding calibration of seeds is advisable to practice only for precocious soybean varieties (Volgogradka 2, VNIIOZ 86).

Reference

1. Burlyaeva M. O., Rostova N. S. Variability of the structure of correlations of morphological and economic characters in soybeans with different types of growth and the nature of branching // Vavilovsky journal of genetics and selection. 2019. Vol. 23. No. 6. P. 78-86.
2. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Gryadunova N. V. Development of the production of leguminous crops in the Russian Federation // Legumes and cereals. 2018. No 2 (26). P. 4-10.
3. Modernization of soybean breeding of the Lower Volga ecotype in connection with climate aridization / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, V. B. Narushev, T. S. Koshkarova // Scientific life. 2019. Vol. 14. No. 10 (98). P. 1506-1521.
4. Nekrasov A. Yu. Soya: sources from the collection of genetic resources of VIR // Works on applied botany, genetics and selection. 2020. V. 181. No. 1. P. 48-52.
5. A new way of primary soybean seed growing under irrigation / V. V. Tolokonnikov, G. P. Kantser, N. M. Plyushcheva, T. S. Koshkarova // Irrigated agriculture. 2018. No.1. P. 23-24.
6. Slobodyanik N. S. Breeding new soybean varieties in the process of production of original seeds // International Research Journal. 2015. Iss. 1 (32). Part 1. P. 104-105.
7. Preservation of the genetic identity of soybean varieties and improvement of seed technology under irrigation / V. V. Tolokonnikov, T. S. Koshkarova, G. P. Kantser, S. V. Ileneva // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No.4 (52). P. 59-65.
8. Tedeeva A. A., Khokhoeva N. T., Tedeeva V. V. Improved elements of the technology of cultivation of legumes // Successes of modern science. 2018. No 7. P. 59-64.

9. Chamurliev O. G., Tolokonnikov V. V. Soya during irrigation in the Lower Volga region: monograph. Volgograd, FSBEI of HE Volgograd GAU, 2018. 156 p.

10. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections / J. Miladinović, M. Čeran, V. Đorđević, S. Balešević-Tubić, K. Petrović, V. Đukić, D. Miladinović // *Frontiers in Plant Science*. 2018. V. 9. P. 1286.

11. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / C. Müller, P. F. Batista, A. C. Costa, F. B. da Silva, A. Merchant, D. Fuentes, A. A. Rodrigues // *Agronomy*. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.

12. Robison J. D., Yamasaki Y., Randall S. K. The ethylene signaling pathway negatively impacts cbf/dreb-regulated cold response in soybean (glycine max) // *Frontiers in Plant Science*. 2019. V. 10. P. 121.

Authors Information

Koshkarova Tatyana Sergeevna, researcher Department of Soi FGBNU FNC VNIIMK (350038, Krasnodar, ul. Filatov, 17), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-927-5189-467, e-mail: koshkarova ts@vniioz.ru

Tolokonnikov Vladimir Vasilievich leading researcher of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of VNIIOZ (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), doctor of agricultural Sciences, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru.

Kanser Galina Pavlovna, research associate of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of VNIIOZ (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9);

Mukhametkhanova Suriya Sergeevna, Junior researcher of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of VNIIOZ FGBNU (9, Timiryazev street, Volgograd, 400002).

Информация об авторах

Кошкарлова Татьяна Сергеевна, научный сотрудник, «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» (350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-927-5189-467, e-mail: koshkarova ts@vniioz.ru

Толоконников Владимир Васильевич, ведущий научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru.

Канцер Галина Павловна, научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9);

Мухаметханова Сурия Сергеевна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9).

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-22

EFFECTIVENESS EVALUATION OF BIOLOGICAL DESTRUCTORS ON THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF LIGHT CASHANAN SOIL UNDER VEGETABLE CROPS

Y.A. Laptina¹, O.G. Gichenkova², N.A. Kulikova¹, A. P. Satkaliev³

¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

² Federal State Budget Scientific Institution

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

³ LLC «Krona Company», Volgograd, Russia

Received 17.07.2020

Submitted 02.09.2020

Abstract

Relevance. The article discusses the main results of scientific research on the effectiveness of microbiological destructors. Plant residues, in the form of stalks, stubble, straw, etc., are more expedient and economical to be embedded in the soil as fertilizers for the return of useful elements that have been kneaded by plants during the growing season. The incorporation of plant residues into the arable layer under the influence of zymogenic microflora makes it possible to decompose almost completely the residues before the start of field work. With the proper use of microbiological preparations, it is possible to accelerate the decomposition processes and, accordingly, increase the content of humic substances. Currently, destructive drugs are being used in practice in the agro-industrial complex, due to the positive effect of the accelerated decomposition of residues against the background of the use of nitrogen fertilizers. **Ma-**

terials and methods. We studied the effect of two biological products: «Stimex NivaA» and «Sternya-12», which showed a positive effect of their action on the decomposition of plant residues. **Results and conclusions.** The data of many authors confirm the increase in productivity when using biological products, but there is evidence of the absence of the effect of micro-biological drugs on the rate of decomposition of residues, based on which, it is necessary to continue to practically use the drugs in experimental studies for a more detailed understanding of their action.

Key words: *soil microorganisms, biological preparations-destructors, light chestnut soils, potatoes, tomato.*

Citation: Laptina Yu. A., Gichenkova O. G., Kulikova N. A., Sitkaliev A. P. Evaluation of the effectiveness of biologics-destructors on the microbiological activity of light kashatan soil under vegetable crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. № 3 (59). 211-219 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-22.

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

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

УДК 631.8:635.1/.8

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОПРЕПАРАТОВ-ДЕСТРУКТОРОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СВЕТЛО-КАШАТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПОД ОВОЩНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Ю. А. Лаптина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
О. Г. Гиченкова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Н. А. Куликова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А. П. Ситкалиев³, генеральный директор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, Россия

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

³ООО «Компания «Крона», г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 17.07.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. В статье рассмотрены основные результаты научных исследований по эффективности микробиологических препаратов-деструкторов. Растительные остатки в виде стеблей, стерни, соломы и пр. целесообразнее и экономичнее заделывать в почву в качестве удобрений для возврата полезных элементов, накопленных растениями за вегетационный период. Заделка растительных остатков в пахотный слой под влиянием зимогенной микрофлоры позволяет разложить практически полностью остатки до начала полевых работ. При грамотном использовании микробиологических препаратов возможно ускорить процессы разложения и соответственно увеличить содержание гумусовых веществ. В настоящее время препараты-деструкторы получают практическое распространение в АПК в связи с положительным эффектом ускоренного разложения остатков на фоне применения азотных удобрений. **Материалы и методы.** Нами изучалось действие двух биопрепаратов: «Стимекс НиваА» и «Стерня-12», показавших положительный эффект своего действия на разложение растительных остатков. **Результаты и выводы.** Данные многих авторов подтверждают увеличение урожайности при применении биопрепаратов, но существуют данные об отсутствии действия микробиологических препаратов на скорость разложения остатков, исходя из чего необходимо продолжать практически использовать препараты в экспериментальных исследованиях для более детального понимания их действия.

Ключевые слова: *почвенные микроорганизмы, биопрепараты-деструкторы, светло-каштановые почвы, возделывание картофеля, возделывание томата.*

Цитирование. Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г., Куликова Н. А., Ситкалиев А. П. Оценка эффективности биопрепаратов-деструкторов на микробиологическую активность светло-каштановой почвы под овощными культурами. *Известия НВ АУК.* 2020. 3 (59). 211-219. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-22.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Микроорганизмы в почвообразовании имеют исключительно важное значение. Им принадлежит главная роль в процессах гумификации и минерализации растительных остатков и гумуса, разрушения и образования минералов. Они оказывают большое влияние на состав почвенного воздуха, регулируя в нём соотношение между O_2 и CO_2 [5, 12].

При участии микроорганизмов происходит восстановление и окисление органических и минеральных соединений, фиксация атмосферного азота, процессы нитрификации и денитрификации и др. [4].

Существует классификация, предложенная ещё С. Н. Виноградским, что в почве находятся микроорганизмы, разлагающие свежие органические остатки, названные зимогенной микрофлорой и участвующие в разложении последних, – автохтонная микрофлора. Все представители этой микрофлоры занимают ведущее место в процессах синтеза и распада гумусовых веществ [9].

Гумусовые вещества являются главным, наиболее активным и наиболее мощным агентом формирования почвенных профилей и почвенного плодородия [8].

Почва – сложная система с биопроцессами, имеющая тесную связь с растениями и микроорганизмами. Растения накапливают органическое вещество, микроорганизмы разлагают клетчатку, лигнин, белки и другие сложные органические вещества в доступные для растения соединения [11].

Увеличить деятельность работы почвенной микрофлоры возможно, применяя различные биопрепараты.

Разработка биопрепаратов – это новый этап развития сельского хозяйства. Их применение повышает урожайность сельскохозяйственных культур и тем самым становится реальным решением продовольственной проблемы [1].

Материалы и методы. Для экспериментальных исследований, проводимых на территории учхоза «Горная Поляна» и ФГБНУ ВНИИОЗ, использовали два препарата-деструктора компании «Научно-внедренческое предприятие «БашИнком» – «Стерня-12» – и компании ООО Научно-производственное объединение Биоцентр «Дон» – «Стимикс Нива А». Для закладки опыта использовали исследовательский участок площадью 420 м² под картофелем (делянка 60 м²). Повторность четырёхкратная, размещение систематическое. Предшественник – ячмень.

Обработка растительных остатков биопрепаратами проводилась после уборки ячменя, непосредственно перед запашкой соломы в дозах, рекомендованных производителем с добавлением компенсирующих доз азота (N_{50}), в виде аммиачной селитры.

Целью исследований являлось возможность использования биопрепаратов-деструкторов при выращивании овощных культур и их оценка хозяйственной эффективности. *Объекты исследования:* сорта картофеля: Мемфис и Винета. *Задача исследований:* сравнительная оценка действия биологических препаратов на сорта овощных культур на фоне разных доз и контроля.

Краткая характеристика биопрепаратов: «Стерня-12» – микробиологический препарат для оздоровления почвы и разложения растительных остатков зерновых, кукурузы, подсолнечника, сои и других культур. В составе – 4 штамма спорообразующих бактерий вида *Bacillus subtilis*, 3 штамма гриба *Trichoderma*, молочнокислые, фосфатмобилизующие, азотфиксирующие бактерии и комплекс целлюлозолитических ферментов. Стерня-12 развивает полезную микрофлору в почве, повышает плодородие почвы, очищает почву от микробных токсинов, нейтрализует остатки химических пестицидов [6].

«Стимикс НиваА» интенсивно разлагает и минерализует все компоненты пожнивных остатков: целлюлозу, гемицеллюлозу, пектин и пр. В состав вошли высокоактивные штаммы азотфиксирующих, фосфатмобилизующих, фотосинтезирующих и целлюлозолитических микроорганизмов (всего более 15 видов и штаммов), которые вытесняют из почвы и растительных остатков возбудителей снежной плесени, склеротиниоза, мучнистой росы, корневых гнилей грибного и смешанного бактериально-грибного происхождения, а также бурой, стеблевой и жёлтой ржавчины [3].

Отбор проб для микробиологических анализов осуществлялся по *следующим методикам*: метод полотен и метод посева комочков почвы на агаризованную среду Гетчинсона [2, 10]. Бокс микробиологической безопасности (Lamsysmens) использовали для работы с микроорганизмами.

Результаты. Сроки взятия образцов приурочивали к началу, середине и концу вегетационного периода.

Разрушение сложных веществ в результате деятельности живых организмов – один из важных и основных процессов разложения органических и неорганических загрязнителей.

Таблица 1 – Действие клетчаткоразрушающих микроорганизмов на разложение льняного полотна под картофелем, 2018-2019 гг.

Table 1 – The action of fiber-destroying microorganism's decomposition of linen under potatoes, 2018-2019

Вариант / Option	Время экспозиции / Exposure time			
	Всходы / Seedlings	Бутонизация / Budding	Цветение / Bloom	Пожелтение нижних листьев / Yellowing of the lower leaves
2018 год				
Картофель (сорт Мемфис) / Potatoes (grade Memphis)				
Контроль / Control	9,34	46,7	71,0	86,9
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	11,9	49,3	77,2	87,9
Стерня-12 / Stubble-12	16,6	56,5	88,6	95,9
Картофель (сорт Винета) / Potatoes (Vineta grade)				
Контроль / Control	10,5	43,2	72,6	85,4
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	14,3	54,0	85,2	89,3
Стерня-12 / Stubble-12	18,9	57,2	89,7	99,1
2019 год				
Картофель (сорт Мемфис) / Potatoes (grade Memphis)				
Контроль / Control	8,20	41,2	62,4	76,2
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	10,5	43,3	67,8	83,6
Стерня-12 / Stubble-12	14,5	49,8	78,1	90,9
Картофель (сорт Винета) / Potatoes (Vineta grade)				
Контроль / Control	9,20	37,9	63,7	78,6
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	12,5	47,4	75,1	84,1
Стерня-12 / Stubble-12	16,5	50,2	80,8	92,4

В течение года растения образуют огромное количество клетчатки, за разложение которой отвечает широкий спектр микроорганизмов, от анаэробных и аэробных бактерий до актиномицетов и грибов. Благодаря работе разнообразных микроорганизмов в природе восстанавливается баланс углерода.

Первая выкопка полотен производилась в фазу всходов, и, как видно из таблицы 1, процент разложения был невысокий, но интенсивность окраски говорит об активной деятельности микроорганизмов. В последующие периоды наблюдалось увеличение интенсивности разложения полотен, эта тенденция прослеживалась по двум годам: так, в 2018 году разложение полотен достигло от 85,4 % до 99,1 %, в 2019 году соответственно от 76,2 % до 92,4 %.

По фактору (сорта) показатели сильно не отличались, разница была незначительной, а при сравнении данных по фактору (деструкторы растительных остатков) можно отметить преимущество препарата «Стерня-12»: так, в конце вегетации процент разложения на вариантах был больше по сравнению с контролем по всем сортам и годам (в 2018 году – 95,9 % и 99,1 %. В 2019 году – 90,9 % и 92,4 %), тогда как по варианту с внесением Нива А этот показатель был слегка ниже (от 83,6 % до 89,3 % по годам и сортам).

Разложение целлюлозы – это сложный и глобальный процесс, в котором участвуют сообщества микроорганизмов, обеспечивающих возврат в атмосферу углерода в виде углекислоты. Роль микроорганизмов неопределима, учитывая их единственное влияние на естественный процесс деструкции, - растения и животные неспособны участвовать в процессе разложения.

Анализируя таблицу 2, видим, что комочки почвы образовали колонии бактерий, что свидетельствует о наличии в почве клетчаткоразрушающих микроорганизмов. Чётко прослеживается динамика снижения образования колоний бактерий по периодам вегетации: так, к концу вегетации, а у сорта Мемфис процент обросших комочков составил от 61 до 75 % (2018 - 2019 гг.), у сорта Винета – от 60 % до 74 % (2018 и 2019 гг.). По вариантам обработки наилучший результат был получен на биопрепарате «Стерня-12» на двух сортах, наименьший соответственно на контроле.

Таблица 2 – Относительное количество клетчаткоразрушающих микроорганизмов в почве под овощными культурами, 2018-2019 гг.

Table 2 – The relative number of fiber-destroying microorganisms in the soil under vegetable crops, 2018-2019

Варианты / Options	Время экспозиции / Exposure time			
	Всходы / Seedlings	Бутонизация / Budding	Цветение / Bloom	Пожелтение нижних листьев / Yellowing of the lower leaves
2018 год				
Картофель (сорт Мемфис) / Potatoes (grade Memphis)				
Контроль / Control	81	82	71	61
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	92	95	85	74
Стерня-12 / Stubble-12	93	95	87	76
Картофель (сорт Винета) / Potatoes (Vineta grade)				
Контроль / Control	78	78	74	60
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	88	90	85	71
Стерня-12 / Stubble-12	92	96	87	74
2019 год				
Картофель (сорт Мемфис) / Potatoes (grade Memphis)				
Контроль / Control	79	81	71	62
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	90	94	84	74
Стерня-12 / Stubble-12	92	94	86	75
Картофель (сорт Винета) / Potatoes (Vineta grade)				
Контроль / Control	76	77	72	60
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	88	89	85	72
Стерня-12 / Stubble-12	91	94	86	74

Результаты микологического анализа почвы, представленные в таблице 3, свидетельствуют о значительном росте грибов рода *Penicilium*, которые являются представителями сапрофитной микрофлоры. Также следует отметить наличие гриба рода *Trichoderma* на вариантах с внесением биопрепаратов, тогда как на контроле он отсутствует.

Как видно на рисунке 1, по соотношению эколого-трофических групп на всех вариантах преобладает сапрофитная микрофлора. Однако на контрольном варианте патогенная микрофлора в 2 раза превышает варианты с внесением биодеструкторов.

Таблица 3 – Численность микроскопических грибов различных родов в почве (количество спор на 1 г сухой почвы, тыс.), 2019 г.

Table 3 – The number of microscopic fungi of various genera in the soil (number of propagules per 1 g of dry soil, thousand), 2019

Варианты / Options	Роды грибов / Mushroom genera							
	<i>Penicilium</i>	<i>Aspergillum</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Rizopus</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Fusarium</i>
Контроль / Control	1.3	13.5	-	-	-	-	2.7	4.0
Стимикс Нива А / Stimiks Niva A	61.1	9.5	9.5	1.4	1.4	1.4	5.4	6.8
Стерня-12 / Stubble-12	56.5	6.7	18.8	1.3	1.3	1.3	2.7	9.4

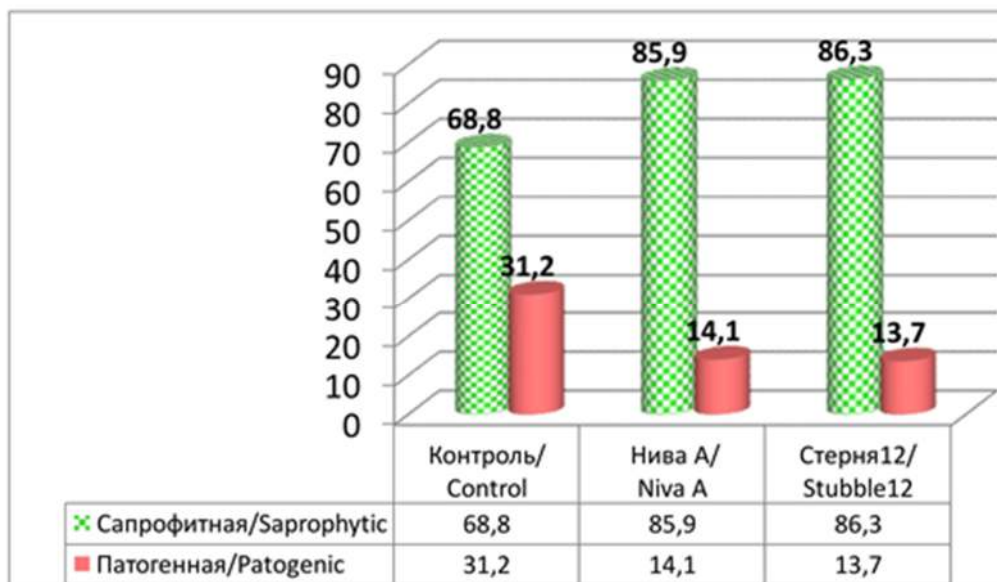


Рисунок 1 – Соотношение эколого-трофические группы микроскопических грибов, %, 2019 г.

Figure 1 – The ratio of ecological-trophic groups of microscopic fungi, %, 2019

Использование экологически безопасных и эффективных биологических препаратов ведёт к увеличению биологической активности почвы и соответственно к повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Таблица 4 – Урожайность сортов картофеля в УНПЦ «Горная Поляна», 2018 - 2019 гг.

Table 4 – Productivity of potato varieties at the Scientific and Production Center “Gornaya Polyana”, 2018-2019 гг.

Сорт (фактор А)/ Grade (factor A)	Вариант (фак- тор В)/ Option (factor B)	Урожайность, т/га/ Yield, t/ha						Товарность, %/ Marketability, %	
		общая/ general		товарная/ commodity		не товар- ная/ not commercial			
		2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Мемфис/ Memphis	Контроль/ Control	41,9	36,4	40,9	35,2	1,0	1,2	97,6	97,8
	Нива А/ Niva А	46,3	40,1	45,5	39,3	0,8	0,8	98,2	98,0
	Стерня-12/ Stubble-12	49,7	43,1	49,0	42,5	0,6	0,6	98,5	98,6
Винета/ Vineeta	Контроль/ Control	36,9	32,9	35,1	31,0	1,9	1,9	95,1	94,2
	Нива А/ Niva А	40,8	36,2	39,2	34,5	1,7	1,7	96,1	95,3
	Стерня-12/ Stubble-12	44,8	39,6	43,4	38,4	1,2	1,2	96,9	96,9
НСП А т/га		0,28	0,16						
НСП В т/га		0,22	0,18						
НСП АВ т/га		0,26	0,18						

Данные таблицы 4 показывают, что при густоте стояния растений 35 шт./га товарная урожайность у сорта Мемфис в 2019 году составила от 35,2 т/га (контроль) до 42,5 т/га (Стерня -12), что соответственно на 4,2 и 4,1 т/га больше, чем у сорта Винета. Показатели товарности были выше у сорта Мемфис, за счёт наименьшего количества не товарной продукции. Такая же закономерность наблюдалась в 2018 году, где товарная урожайность у сорта Мемфис была выше, чем у сорта Винета (от 5,8 до 9,8 т/га).

Проводя сравнительную характеристику по годам, можно сделать вывод, что урожайность за счёт благоприятных почвенно-климатических условий в 2018 году по двум сортам была более высокой, чем в 2019 году.

Анализируя данные по вариантам (фактор В), видим, что доминирующими показателями урожайности были варианты с обработкой биопрепаратами по сравнению с контролем.

Вышепредставленная характеристика по товарной урожайности (т/га) аналогична данным по товарности (%) по двум сортам картофеля на трёх изучаемых вариантах.

Обсуждение. Продуктивность растений и плодородие почвы – две основные и неразрывные задачи, стоящие перед человечеством. Связующим звеном в этих процессах являются микроорганизмы, численность которых зависит от почвенно-климатических факторов, технологии земледелия, возделываемых культур и местонахождения микробных ценозов (прикорневая зона, ризосфера).

Успешное введение экологического земледелия требует высокой биологической активности почвы [7].

Выводы. Для увеличения деятельности микробных почвенных сообществ рекомендуем использование биопрепаратов как ускорителей разложения растительных остатков, которые в свою очередь влияют на содержание гумусовых веществ и соответственно на урожайность сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что внесение биопре-

паратов в условиях недостаточного увлажнения на светло-каштановых почвах Волгоградской области оказало положительное влияние на развитие сапрофитной почвенной микрофлоры, активизировало процессы минерализации растительных остатков, а также увеличило продуктивность картофеля на 17,2 % по сравнению с контрольным вариантом.

Библиографический список

1. Агробиологическое обоснование технологии выращивания овощной продукции с применением биологических средств защиты: монография / Н. Е. Павловская, И. Н. Гагарина, Д. Б. Бородин [и др.]. Орел: ОрелГАУ, 2018. 160 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118771>.
2. Аникеев В. В., Лукомская К. А. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: учебное пособие. М.: Просвещение, 1983. 127 с.
3. Биологические и аминокислотные препараты для стерни. ООО Научно-производственное объединение Биоцентр «Дон». Режим доступа: <http://stimix.ru/produkcija/120-stimiks-nivaa-dvuhkomponentnyy.html>.
4. Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А. Почвоведение с основами геологии: учебник. Москва: ИНФРА-М, 2019. 352 с. Режим доступа: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1005671>.
5. Горбылева А. И., Воробев В. Б., Петровский Е. И. Почвоведение: учебное пособие. Москва: НИЦ ИНФРА-М; Минск: Нов. знание, 2014. 400 с. Режим доступа: <https://new.znaniy.com/catalog/product/413111>.
6. Комплексные микробиологические биопрепараты для защиты растений от болезней и вредителей. «Научно-внедренческое Предприятие «БашИнком». Режим доступа: <http://bashinkom.ru/news/170725-1.php>.
7. Рябинина О. В., Матвеева Н. В. Химические, физические и биологические методы исследования почв: учебное пособие. Иркутск: Иркутский ГАУ, 2017. 129 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/133380>.
8. Семендяева Н. В., Мармулев А. Н., Добротворская Н. И. Методы исследования почв и почвенного покрова: учеб. пособие. Новосибирск: Издво НГАУ, 2011. 202 с. Режим доступа: <https://new.znaniy.com/catalog/product/516610>.
9. Теппер Е. З. Микроорганизмы рода *Nocardia* и разложение гумуса: монография. Москва: ИНФРА-М, 2020. 224 с. Режим доступа: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1038682>.
10. Удобрения органические: национальный стандарт РФ: ГОСТ Р 54653-2011. М.: Стандартинформ, 2012. 23 с.
11. Batkaev J. Ya. The role of microorganisms in increasing soil fertility / Soil science and agrochemistry // JSC U.U.Usanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry. 2013. № 2. P. 24-28. URL: <http://soil.kz/nash-zhurnal/arhiv/>.
12. Chabanyuk Y., Brovko I., Koretsky A. Functioning of soil microbiota under the influence of herbicides // Agricultural journal. 2016. № 4. P. 122-127. URL: http://elibrary.ru/download/elibrary_27718701_93096139.pdf.

Reference

1. Agrobiologicheskoe obosnovanie tehnologii vyraschivaniya ovoschnoj pro-duktsii s primeneniem biologicheskikh sredstv zaschity: monografiya / N. E. Pavlovskaya, I. N. Gagarina, D. B. Borodin [i dr.]. Orel: OrelGAU, 2018. 160 p. Rezhim dostupa: <https://e.lanbook.com/book/118771>.
2. Anikeev V. V., Lukomskaya K. A. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii: uchebnoe posobie. M.: Prosveschenie, 1983. 127 p.
3. Biologicheskie i aminokislotnye preparaty dlya sterni. OOO Nauchno-proizvodstvennoe ob'edinenie Biocentr "Don". Rezhim dostupa: <http://stimix.ru/produkcija/120-stimiks-nivaa-dvuhkomponentnyy.html>.
4. Ganzhara N. F., Borisov B. A. Pochvovedenie s osnovami geologii: uchebnik. Moskva: INFRA-M, 2019. 352 p. Rezhim dostupa: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1005671>.
5. Gorbyleva A. I., Vorobev V. B., Petrovskij E. I. Pochvovedenie: uchebnoe posobie. Moskva: NIC INFRA-M; Minsk: Nov. znanie, 2014. 400 s. Rezhim dostupa: <https://new.znaniy.com/catalog/product/413111>.

6. Kompleksnye mikrobiologicheskie biopreparaty dlya zaschity rastenij ot boleznej i vreditel'ej. "Nauchno-vnedrencheskoe Predpriyatie "BashInkom". Rezhim dostupa: <http://bashinkom.ru/news/170725-1.php>.

7. Ryabinina O. V., Matveeva N. V. Himicheskie, fizicheskie i biologicheskie metody issledovaniya pochv: uchebnoe posobie. Irkutsk: Irkutskij GAU, 2017. 129 p. Rezhim dostupa: <https://e.lanbook.com/book/133380>.

8. Semendyaeva N. V., Marmulev A. N., Dobrotvorskaya N. I. Metody issledovaniya pochv i pochvennogo pokrova: ucheb. posobie. Novosibirsk: Izdvo NGAU, 2011. 202 s. Rezhim dostupa: <https://new.znaniy.com/catalog/product/516610>.

9. Tepper E. Z. Mikroorganizmy roda Nocardia i razlozhenie gumusa: mono-grafiya. Moskva: INFRA-M, 2020. 224 s. Rezhim dostupa: <https://new.znaniy.com/catalog/product/1038682>.

10. Udobreniya organicheskie: nacional'nyj standart RF: GOST R 54653-2011. M.: Standartinform, 2012. 23 p.

11. Batkaev J. Ya. The role of microorganisms in increasing soil fertility / Soil science and agrochemistry // JSC U.U.Usanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry. 2013. № 2. P. 24-28. URL: <http://soil.kz/nash-zhurnal/arhiv/>.

12. Chabanyuk Y., Brovko I., Koretsky A. Functioning of soil microbiota under the influence of herbicides // Agricultural journal. 2016. № 4. P. 122-127. URL: http://elibrary.ru/download/elibrary_27718701_93096139.pdf.

Conclusions. To increase the activity of microbial soil communities, we recommend the use of biological products as accelerators of the decomposition of plant residues, which in turn affect the content of humic substances and, accordingly, crop yields. It should be noted that the introduction of biological products in conditions of insufficient moisture on light chestnut soils of the Volgograd region had a positive effect on the development of saprophytic soil microflora, activated the processes of mineralization of plant residues, and also increased the productivity of potatoes by 17.2% compared with the control variant.

Authors Information

Laptina Julia Alexandrovna, Associate Professor, Department of Agriculture and Agrochemistry (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, tel. +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Gichenkova Olga Gennadyevna, Associate Professor of the Department of Gardening and Plant Protection (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, tel. +79272577672, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru.

Kulikova Natalya Alexandrovna, Associate Professor of the Department of Gardening and Plant Protection (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, tel. +79034785610, e-mail: trjasi@list.ru.

Satkaliev Alexei Petrovich, General Director of OOO "Company "Krona", tel. +79178493465, e-mail: asitkaliyev@inbox.ru.

Информация об авторах

Лаптина Юлия Александровна, доцент кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Гиченкова Ольга Геннадьевна, доцент кафедры «Садоводство и защита растений» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон: +79272577672, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru.

Куликова Наталья Александровна, доцент кафедры садоводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон: +79034785610, e-mail: trjasi@list.ru.

Ситкалиев Алексей Петрович, генеральный директор ООО «Компания «Крона» (400120, Волгоградская область, город Волгоград, Елецкая улица, дом 21 этаж 2, офис 207), телефон: +79178493465, e-mail: asitkaliyev@inbox.ru.

PHYTOPRODUKTIVITY OF PERSIMMON VIRGIN IN THE EXPERIENCE ON LEAF-COLLECTING PLANTINGS

G.A. Surkhaev¹, G.M. Surkhaeva¹, L.P. Rybashlykova²

¹North Caucasian branch of the Federal Research Centre of
Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Stavropol

²Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of Russian
Academy of Sciences, Volgograd

Received 10.03.2020

Submitted 14.08.2020

The work was carried out on the topic of State task No. 0713-2019-0002 " to Develop scientific bases, new methods, models and technologies for effective forest-reclamation development and multi-purpose use of low-productive and degraded lands of the arid zone of the Russian Federation

Summary

The article presents the results of the first scientific experiments in Russia on growing leaf-collecting (phytotea) plantations of virgin persimmon, the culture of which was introduced by the Achikulak Scientific Agroforestry Station in the Eastern Caucasus. The optimal density of persimmon plantings in the seasonal cycles of plant collection is determined. Biometric assessment of persimmon new leaf formations in the cycles of seasonal plant regeneration in the experiment on leaf-collecting plantings.

Abstract

Introduction. The possibility of expanding the service potential of an economically valuable crop by creating its phyto –tea plantations in a heat –supplied region is justified by the high content of bioactive substances not only in fruits, but also in leaves of plants and especially valuable acetylsalicylic acid (vitamin C) - about 3000mg/%, as well as a number of other essential vitamins (A, PP, E, B₁, B₂ B₃), valuable minerals (J, Fe, Co, Mg, K, P, Mn), organic acids (malic, amber, wine), etc. compounds and therefore their biochemical composition is almost as good as the leaves of the famous tea Bush, and for this reason, the healing leaf drink of persimmon in China and Korea has a centuries-old tradition of use in the prevention and treatment of many diseases of human organs –the heart, lungs, trachea, and the food system. **Object.** Experimental plantings of virgin persimmon laid on the introduction site of the Achikulak scientific agroforestry station in 2012. **Materials and methods.** Plantings have three options for two-row planting of seedlings grown in the nursery of propagation of introduced crops: option 1-low density of plantings - (1.0×0.2 m), option 2 – medium (0.5×0.2 m), option 3 –high (0.5×0.1 m). In the experiment, the plantings are formed according to the border type of planting, with a width and height of 1 m. The leaf mass was collected from the 3rd year of planting seedlings. The leaf mass is cut four times during the seasonal period of operation. After each collection, morphological and biometric observations were made on the dynamics of regeneration of cut shoots from the beginning of budding until the next collection. Accounting for the yield of leaf mass was carried out on the green, dry and cleaned mass of leaves. **Results and conclusion.** In the course of years of research experimentally studied in a multivariate experience, the possibility of forming an optimal model planting persimmon curb type (width and height - 1m), according to the natural influence of different degrees of density of plantation planting (small-10pcs/m², medium - 20 pcs/m², large - 30 pcs/m²) on phytoproduktivty and regenerative activity of plants, the seasonal cycles are repeated(4 times) phyto -collection leaf mass.

Key words: phyto-tea, leaf-collecting plantings, phyto-collection, subtropical crops, regeneration, phyto- productivity, leaf section

Citation: Surkhaev G.A., Surkhaeva G.M., Rybashlykova L.P. Phytoproduktivty of persimmon virgin in the experience on leaf-collecting plantings *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 220-227 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-23.

Author's contribution G.A. Surkhaev, G.M. Surkhaeva collected the material, processed and analyzed data, wrote an article. L.P. Rybashlykova systematized and analyzed the data, reviewed literature on the problem under study, corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors are responsible for avoiding the plagiarism and self- plagiarism.

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

УДК 631.529: 634.6

**ФИТОПРОДУКТИВНОСТЬ ХУРМЫ ВИРГИНСКОЙ
В ОПЫТЕ ЛИСТОСБОРНЫХ НАСАЖДЕНИЙ****Г. А. Сурхаев**¹, кандидат сельскохозяйственных наук**Г. М. Сурхаева**¹, научный сотрудник**Л. П. Рыбашлыкова**², кандидат сельскохозяйственных наук¹Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Ставропольский край с. Ачикулак²Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.03.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

**Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2019-0002
«Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного
лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных
и деградированных земель засушливой зоны Российской Федерации»**

Актуальность. Приведены результаты первых в России научных экспериментов по выращиванию листосборных (фиточайных) насаждений хурмы виргинской (*Diospyros virginiana* L.), культура которой интродуцирована Ачикулакской НИЛОС в Восточное Предкавказье. Возможность расширения сервисного потенциала хозяйственно-ценной культуры созданием ее фиточайных насаждений в теплообеспеченном регионе обоснована значительным содержанием биоактивных веществ не только в плодах, но и листьях растений, где особенно много аскорбиновой кислоты (витамин С) – около 3000 мг/%, а также ряда других незаменимых витаминов (А, РР, Е, В1, В2, В3), ценных минералов (J, Fe, Co, Mg, K, P, Mn), органических кислот (яблочная, янтарная, винная) и других соединений. Листья этой культуры по биохимическому составу не уступают листьям знаменитого чайного куста, и по этой причине целебный листовой напиток хурмы в Китае и Корее имеет многовековую традицию применения в профилактике и лечении заболеваний многих органов человека – сердца, легких, трахей, пищевой системы. **Объект.** Опытные насаждения хурмы виргинской заложены на интродукционном участке Ачикулакской НИЛОС в 2012 г. **Материалы и методы.** Насаждения имеют три варианта двухрядной посадки сеянцев, выращенных в питомнике размножения культур-интродуцентов: вариант 1 – малая густота насаждений (1,0×0,2 м), вариант 2 – средняя (0,5×0,2 м), вариант 3 – высокая (0,5×0,1 м). В опыте насаждения сформированы по бордюрному типу посадки, шириной и высотой – 1 м. Сбор листовой массы производился с 3 года посадки сеянцев. Срез листовой массы четырехкратный в течение сезонного периода эксплуатации. После каждого сбора проводились морфологические и биометрические наблюдения за динамикой регенерации срезанных побегов от начала распускания почек и до наступления очередного сбора. Учет урожайности листовой массы проводился по зеленой, сухой и очищенной массе листьев. **Результаты и выводы.** В ходе многолетних исследований экспериментально изучена в многовариантном опыте возможность формирования оптимальной модели фиточайного насаждения хурмы бордюрного типа (ширина и высота – 1 м), по закономерности влияния разной степени густоты плантационной посадки растений (малая – 10 шт./м², средняя – 20 шт./м², большая – 30 шт./м²) на фитопродуктивность и регенеративную активность растений, по циклам сезонного многократного (4 раза) фитосбора листовой массы. Также проведена биометрическая оценка новообразований хурмы в циклах сезонной регенерации растений в опыте листосборных насаждений.

Ключевые слова: фиточай, листосборные насаждения, фитосборы, субтропические культуры, хурма виргинская, фитопродуктивность хурмы виргинской.

Цитирование: Сурхаев Г. А., Сурхаева Г. М., Рыбашлыкова Л. П. Фитопродуктивность хурмы виргинской в опыте листосборных насаждений. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 220-227. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-23.

Авторский вклад: Сурхаев Г. А., Сурхаева Г. М. собрали материал, обработали и проанализировали данные, написали статью. Рыбашлыкова Л. П. систематизировала и анализировала полученные данные, провела обзор литературных источников, откорректировала рукопись до подачи в редакцию.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Наиболее рациональной формой хозяйствования на песчаных землях является их комплексное использование, включающее земледелие, животноводство, лесное хозяйство и другие отрасли [3]. Однако пока еще не получила достаточного освещения одна важная отрасль природопользования на аренах – производство лекарственного растительного сырья [4].

Исследования, проведенные Ачикулакской НИЛОС, позволили разработать адаптивные технологии семенного, вегетативного размножения субтропических культур (хурма, гранат и унаби) и создать плантационные плодовые насаждения на песчаных землях Восточного Предкавказья [6]. Субтропические плодовые культуры занимают особое место среди полезных растений, возделываемых человеком из-за повышенного содержания биологически активных веществ [7, 8, 11]. Особый интерес представляет такая культура, как хурма виргинская (*Diospyros virginiana* L.), обладающая значительным содержанием биоактивных веществ не только в плодах, но и в листьях растений, биохимический состав которых по сравнительной аналитической оценке качества лишь немногим уступает показателям чайного куста [1, 2, 5, 9, 10, 12, 13].

Таблица 1 – Сравнительная оценка биохимического состава листьев хурмы с растением чая

Table 1 – Comparative assessment of the biochemical composition of persimmon leaves with the tea plant

Культура / Culture	Структура содержания биоактивных веществ / The structure of the content of bioactive substances					
	витамины / vitamins	макро- и микроэлементы / macro and micro-elements	полифенолы / polyphenols	органические кислоты / organic acids	алкалоиды / alkaloids	другие соединения / other connection
Хурма виргинская / Virginia persimmon	C, PP, B ₁ , B ₂ , B ₃ , E, A	J, Fe, Co, Mg, K, P, Mn	антоцианы, лейкоантоцианы, танин, астроганин	яблочная, винная, лимонная	-	углеводы, белки, пектин, ферменты, пигменты
Чай китайский / Chinese tea	B ₁ , B ₂ , B ₃ , C, PP, K, P	K, Ca, Mg, Fe, Na, Al, Mn, Sr, Ni, Cu, Zn, Ba, Rb, T, Cr, Sn, Ag, V	катехины, теогаллин, антоцианы, лейкоантоцианы, танин	яблочная, янтарная, лимонная, щавелевая, молочная	кофеин, гуанин, аденин, теофелин, теобромин	спирты, пигменты, пектин, ферменты

В связи с этим целью исследований явилась разработка технологических приемов создания и эксплуатации листосборных насаждений хурмы виргинской с учетом почвенно-климатических условий региона.

Объект исследования. Опытные насаждения хурмы виргинской, заложенные на интродукционном участке Ачикулакской НИЛОС в 2012 г.

Материалы и методы. Насаждения имеют три варианта двухрядной посадки сеянцев выращенных в питомнике размножения культур-интродуцентов: вариант 1 – малая густота насаждений – 10 шт./м² (1,0×0,2 м), вариант 2 – средняя 20 шт./м² (0,5×0,2 м), вариант 3 – высокая 30 шт./м² (0,5×0,1 м). В опыте листосборные насаждения сформированы по бордюрному типу посадки, шириной и высотой – 1 м. Фитосбор листовой массы произво-

дился с 3 года посадки сеянцев. Срез листовой массы четырехкратный в течение сезонного периода эксплуатации: 1 срез – 1 декада июня, 2 срез – 1 декада июля, 3 срез – 1 декада августа, 4 срез – 2 декада сентября. После каждого фитосбора проводились морфологические и биометрические наблюдения за динамикой регенерации срезанных побегов во всех вариантах опыта, по данным 30 контрольных растений от начала распускания почек на них и до наступления очередного фитосбора. Учет урожайности листовой массы проводился по зеленой, сухой и очищенной от грубых частей массе листьев.

Результаты и обсуждение. К концу 2 года листосборные насаждения достигают необходимой (рабочей) высоты эксплуатации – 110-130 см, и поэтому с 3 года их роста в течение сезонной вегетации осуществляется ежегодно многоразовый фитосбор.

Осуществлению четырехкратного сезонного фитосбора в листосборных насаждениях способствует высокая способность хурмы к вегетативному восстановлению срезанных растений, ускоренным образованием зеленых побегов и листьев. Морфогенез новообразований у обломленных после фитосбора растений в листосборных насаждениях наблюдается спустя 3-4 дня, набуханием спящих (на стволиках) и пазушных (на прилистниках) почек. В месячном цикле регенерации фитосборного полога вегетативные побеги динамично развиваются, кульминация прироста (60-70 % от общего) которых приходится на последнюю декаду их восстановления (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика морфогенеза хурмы в циклах регенерации растений в опыте фиточайных насаждений

Table 2 – Dynamics of morphogenesis persimmon in the cycles of plant regeneration in the experiment phyto-tea plantings

Варианты густоты посадки растений шт/м ² / Options for planting density pcs/m ²	Циклы регенерации / regeneration cycle	Линейный полуедекадный прирост побегов, см / linear growth of shoots, cm					
		1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
Малая 10 / small	I – июнь	Период почкообразования	2,8	6,3	12,7	27,2	41,1
	II – июль	-//-	2,4	5,7	11,2	25,1	37,2
	III – август	-//-	1,3	2,9	6,4	13,7	21,3
Средняя 20 / medium	I – июнь	-//-	2,1	5,3	10,8	24,9	36,6
	II – июль	-//-	1,7	4,4	7,8	22,1	32,3
	III – август	-//-	1,1	2,2	5,7	11,8	17,1
Большая 30 / large	I – июнь	-//-	1,9	4,7	8,1	22,7	33,4
	II – июль	-//-	1,4	3,9	7,1	21,2	29,5
	III – август	-//-	0,8	1,9	5,1	10,7	15,6

Регенерация секвестрированных в ходе фитосбора растений сопровождается неодновременностью появления на них новообразований (побеги, листья), и поэтому структура фитосборной массы отличается значительной разнолистностью (мелкие, средние, большие), влияющей на качество фитосборного сырья, где преобладание мелкой и средней фракции листьев (до 60-80 %) повышает возможность получения более ценного фиточайного продукта хурмы.

Результаты исследований регенеративного потенциала листообразования в разных вариантах опыта показали, что с увеличением густоты посадок возрастает доля качественной фракции мелких и средних листьев с 61 до 76 %, но уменьшается фитосборная листовая масса растений на 21-34 % (таблица 3).

Таблица 3 – Структура новообразований хурмы в сезонных циклах фитосбора по вариантам густоты посадки насаждений

Table 3 – The structure of tumors of the persimmon in the seasonal cycles phyto -collection the options of planting density plantations

Варианты густоты посадки растений, шт/м ² / Options for planting density pcs/m ²	Циклы фитосбора / Fitosbora cycles	Характеристика листообразования у растений после фитосборного среза / Characteristics of leaf formation in plants after cutting						Фитосборная масса / Phytomass	
		мелкие / small		средние / medium		большие / large			
		шт./pcs	г/g	шт./pcs	г/ g	шт./ pcs	г/ g	г/раст g/plant	ц/га c/ha
Малая густота (10) / small density	I – июнь	53,0	0,9	84,0	3,7	91,0	8,2	12,8	8,9
	II – июль	47,0	0,8	61,0	3,2	69,0	7,1	11,1	7,8
	III – август	41,0	0,7	41,0	2,4	46,0	4,7	7,8	5,4
	IV -сентябрь	11,0	0,2	22,0	1,3	16,0	1,6	3,1	2,2
Средняя густота (20) / medium density	I – июнь	76,0	1,4	78,0	3,4	85,0	7,7	12,5	17,5
	II – июль	71,0	1,3	57,0	2,5	62,0	5,6	9,4	13,2
	III – август	86,0	1,2	38,0	1,7	41,0	3,7	6,6	9,2
	IV -сентябрь	22,0	0,4	19,0	1,4	13,0	1,8	3,6	5,1
Большая густота (30) / large density	I – июнь	88,0	1,6	51,0	2,0	46,0	4,1	7,7	16,1
	II – июль	92,0	1,7	34,0	1,4	41,0	3,7	6,8	14,3
	III – август	87,0	1,6	25,0	1,0	35,0	3,6	6,2	13,1
	IV- сентябрь	33,0	0,8	12,0	0,5	11,0	1,1	2,2	4,6

Технология эксплуатации листосборных насаждений основывается на возможности многократного (3-4 раза) сезонного фитосбора сырья посредством ручного обрыва листьев или механического среза их вместе с побегами. Этому благоприятствует способность древесных лиственных растений к регенерации (восстановлению) отсеченных вегетативных органов (побеги с листьями) в относительно короткий промежуток времени (20-30 дней), что дает возможность осуществления многократного фитосборного среза растений в период активной их вегетации и на протяжении многих лет эксплуатации фиточайных плантаций. По данным исследований в вариантах опыта, с увеличением плотности (густоты) формирования листосборных насаждений наблюдается обратная корреляция показателей регенеративной активности и фитопродуктивности хурмы, в результате сокращения прироста побегов, количества и массы новообразований (таблица 4).

Таблица 4 – Биометрическая оценка новообразований хурмы в циклах сезонной регенерации растений в опыте листосборных насаждений

Table 4 – Biometric assessment of persimmon new leaf formations in the cycles of seasonal plant regeneration in the experiment leaf-collecting plantings

Варианты густоты посадки растений, шт/м ² / Options for planting density pcs/m ²	Циклы роста / cycles of growth	Количество новообразований, шт. / Number pcs.		Прирост побегов, см / growth of shoots, cm		Масса прироста, г / weight gain, g	
		побеги / shoot	листья / leaves	общий / total	Средний / average	листья / leaves	побеги / shoot
Малая / small (10 шт./м ² pcs./m ²)	I – июнь	19,0	269,0	519,0	27,3	55,5	11,1
	II – июль	17,0	237,0	412,0	24,2	39,1	7,8
	III – август	6,0	84,0	97,0	16,1	15,5	3,1
Средняя / medium (20 шт./м ² pcs./m ²)	I – июнь	17,0	246,0	418,0	24,7	47,2	9,4
	II – июль	14,0	203,0	328,0	23,4	33,2	6,6
	III – август	5,0	72,0	85,0	17,1	18,3	3,6
Большая / large (30 шт./м ² pcs./m ²)	I – июнь	14,0	159,0	297,0	21,2	34,1	6,8
	II – июль	9,0	102,0	189,0	18,7	31,2	6,2
	III – август	4,0	45,0	56,0	14,1	11,3	2,2

Выводы. Результаты, полученные в ходе проведения многолетних интродукционных исследований хурмы виргинской, свидетельствуют о высокой степени ее натурализации в новых почвенно-климатических условиях, позволяющих пополнить ассортимент биоразнообразия культурной флоры Восточного Предкавказья.

Результаты опыта по выращиванию хурмы виргинской в вариантах с разной густотой посадки растений на единице площади (м^2) листосборных (фиточайных) насаждений показали, что кульминация их фитопродуктивной и регенеративной активности наблюдается в варианте со средней плотностью ($20 \text{ штук раст./м}^2$) бордюрного формирования плантаций, а увеличение густоты до $30 \text{ штук раст./м}^2$ сопровождается ухудшением архитектоники растений, снижением индекса листовой поверхности (ИЛП) и вследствие этого и уменьшением фитосборной массы в сезонных циклах заготовки листового сырья.

Обобщив результаты экспериментальных исследований, отмечаем, что, обладая декоративными, ценными лечебными и профилактическими свойствами, хурма виргинская является перспективной культурой для плантационного выращивания на легких почвах Восточного Предкавказья.

Библиографический список

1. Деревянко Н. В., Деревянко В. Н., Горбенко Н. Е. Интродукция хурмы виргинской (*Diospyros virginiana* L.) в Украине // Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.5. С. 48-59.
2. Корзун Б. В., Лагошина А. Г. Особенности роста и развития в условиях предгорий Адыгеи // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: естественно-математические и технические науки. 2018. № 4 (231). С. 188-191.
3. Манаенков А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. 2-е издание переработанное и дополненное. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2018. 428 с.
4. Маховикова Т. Ф., Сивцева С. Н., Рыбашлыкова Л. П. Интродукция и перспективы выращивания стевии в Западном Прикаспии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 191-196.
5. Омаров М. Д., Причко Т. Г. Биохимический состав плодов хурмы восточной разного происхождения // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 4. С. 12-17.
6. Сурхаев Г. А., Сурхаева Г. М. Продукционный потенциал хурмы виргинской в листосборных насаждениях // Научное обозрение. Биологические науки. 2018. № 2. С. 21-26.
7. Шишкина Е. А., Литвинова Т. В. Редкие субтропические плодовые растения - источники биологически активных веществ // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. № 12. С. 83-86.
8. Briand C. H. Common persimmon (*Diospyros virginiana* L.): history of an underutilized fruit tree (16 th-19 th centuries) // Xanthia. 2005. Vol. 12. No. 1. P. 71-89.
9. Chemistry and Functionality of Bioactive Compounds Present in Persimmon / Shazia Yaqub [and other] // Journal of Chemistry. Vol. 2016. Article ID 3424025, 13 pages. 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3424025>.
10. Kobayashi H., Antonious G., Pomper K. Phenolic Content and Antioxidant Capacity of American Persimmon (*Diospyros virginiana* L.) Teas // Journal of the American pomological society. 2017. Vol. 17. No. 2. P. 91-96.
11. Lyrene P. M. The jujube tree (*Zizyphus jujube* L.) // Fruit varieties journal. 1999. No 33. P. 123-148.
12. Morphological characteristics and determination of volatile organic compounds of *Diospyros virginiana* L. genotypes fruits / O. Grygorieva, S. Klymenko, O. Vergun, O. Palamarchuk, N. Hudz, N. Nikolaieva, Z. Schubertová, J. Brindza // Potravinárstvo. 2017. V. 11. № 1. P. 612-622.
13. Seed dispersal of *Diospyros virginiana* in the past and the present: evidence for a generalist evolutionary strategy / M. Rebein, C. N. Davis, H. Abad, T. Stone, J. del Sol, N. Skinner, M. D. Moran // Ecology and evolution. 2017. V. 7. № 11. P. 4035-4043.

Conclusions. The results obtained in the course of long-term introduction studies of the Virginian persimmon indicate a high degree of its naturalization in new soil and climatic conditions, which allows to replenish the range of biodiversity of the cultural flora of the Eastern Caucasus.

The results of the experiment on growing virgin persimmon in variants with different plant density per unit area (m^2) of leaf-collecting (phytotea) plantations showed that the culmination of their phytoproductive and regenerative activity is observed in the variant with an average density (20 plants/ m^2) formation of plantations. An increase in the density of up to 30 plants/ m^2 is accompanied by a deterioration in plant architectonics, a decrease in the leaf surface index (ILP) and, consequently, a decrease in plant mass in seasonal cycles of leaf preparation.

Summarizing the results of experimental studies, it is important to note that having decorative, valuable medicinal and preventive properties, persimmon virginiana is a promising crop for plantation cultivation on light soils of the Eastern Caucasus.

Reference

1. Derevianco N. V., Derevianco V. N., Gorbenco N. E. Introduction of American persimmon (*Diospyros virginiana* L.) in Ukraine // Science bulletin NLTU Ukraine. 2016. Vol. 26.5. P. 48-59.
2. Korzun B. V., Lagoshina A. G. Features of growth and development in the foothills of Adygea // Bulletin of the Adygeya state University. Series 4: natural-mathematical and technical Sciences. 2018. №4 (231). P.188-191.
3. Manaekov A. S. Forest reclamation of arid zone arenas. 2nd edition revised and expanded. Volgograd: VNIALMI, 2018. 428 p.
4. Machovikova T. F., Sivceva S. N., Rybashlykova L. P. Introduction and prospects of growing stevia in the Western Caspian region // Proceedings of the lower Volga agrouniversity complex: science and higher professional education. 2018. № 3 (51). P. 191-196.
5. Omarov M. D., Prichko T. G. Biochemical composition of Eastern persimmon fruits of different origin // Bulletin of Michurinsky state agrarian University. 2015. № 4. P. 12-17.
6. Surkhaev G. A., Surkhaeva G. M. Production potential of Virginia persimmon in leaf catchment areas // Scientific review. Biological science. 2018. № 2. P. 21-26.
7. Shishkina E. A., Litvinova T. N. Rare subtropical fruit plants-sources of biologically active substances // New and non-traditional plants and prospects for it use. 2016. № 12. P. 83-86.
8. Briand C. H. Common persimmon (*Diospyros virginiana* L.): history of an underutilized fruit tree (16 th-19 th centuries) // Xanthia. 2005. Vol. 12. No. 1. P. 71-89.
9. Chemistry and Functionality of Bioactive Compounds Present in Persimmon / Shazia Yaqub [and other] // Journal of Chemistry. Vol. 2016. Article ID 3424025, 13 pages. 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3424025>
10. Kobayashi H., Antonious G., Pomper K. Phenolic Content and Antioxidant Capacity of American Persimmon (*Diospyros virginiana* L.) Teas // Journal of the American pomological society. 2017. Vol. 17. No. 2. P. 91-96.
11. Lyrene P. M. The jujube tree (*Zizyphus jujube* L.) // Fruit varieties journal. 1999. No 33. P. 123-148.
12. Morphological characteristics and determination of volatile organic compounds of *Diospyros virginiana* L. genotypes fruits / O. Grygorieva, S. Klymenko, O. Vergun, O. Palamarchuk, N. Hudz, N. Nikolaieva, Z. Schubertová, J. Brindza // Potravinárstvo. 2017. V. 11. № 1. P. 612-622.
13. Seed dispersal of *Diospyros virginiana* in the past and the present: evidence for a generalist evolutionary strategy / M. Rebein, C. N. Davis, H. Abad, T. Stone, J. del Sol, N. Skinner, M. D. Moran // Ecology and evolution. 2017. V. 7. № 11. P. 4035-4043.

Autors information

Surkhaev Gasan Abdylkadirovich, leading researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12) candidate of agricultural sciences, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6579-0918>

Surkhaeva Gulnara Magomedovna, researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12) candidate of agricultural sciences, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4440-6371>

Rybashlykova Ludmila Petrovna, leading researcher of the laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-yielding lands of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

Информация об авторах

Сурхаев Гасан Абдулкадирович, ведущий научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Нefтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6579-0918>

Сурхаева Гульнара Магомедовна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Нefтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4440-6371>

Рыбашлыкова Людмила Петровна, ведущий научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-24

GEOINFORMATION ANALYSIS OF PASTURE RESOURCES OF ECOTON «MALY SIRT – CASPIAN LOWLAND»

S. S. Shinkarenko

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

Received 16.03.2020

Submitted 01.08.2020

*The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation
for Basic Research and the Administration of the Volgograd region in the framework
of the scientific project No. 19-45-343003*

Summary

The article presents the results of geographic information mapping of the pasture resources of the mesoecotone Maly Syrt - Caspian Lowland. The actual pasture areas and the average values of the vegetation index in the context of municipal regions and landscape genera are determined. The dynamics of livestock and pasture loads was also calculated, and the distribution of pastures by productivity is given.

Abstract

Introduction. The relevance is due to the features of the ecotone landscape, which are determined by the transition from the steppe zone to the semi-desert, where the state of the landscape components is dynamic and to a large extent depends on external conditions. Identification of patterns of changes in the state of the landscape will provide an opportunity to scientifically substantiate the rational use of natural resources for efficient business operations. **Object.** The study area is the ecotone «Maly Syrt - Caspian Lowland», the southern boundary of the ecotone passes along latitude 49° 30', the northern border 51° 20' from the Volgograd reservoir in the west to a longitude of about 49°. **Materials and methods.** The study is based on arrays of statistical data on the number of livestock in farms of all categories, remote sensing materials obtained from MODIS spectroradiometer and thematic maps (landscape map of the USSR, data on the underlying surface). All data was re-projected and converted to a vector format for working in the geographic information environment QGIS. For pastures, the weighted average values of the vegetation index in the context of municipal districts and genera of landscapes were calculated. Weighing was carried out on the basis of areas occupied by areas with

certain values of the vegetation index. **Results and conclusion.** It is established that in the research region, pastures occupy a large part of the territory - 62.8%, another 19% is represented by a mosaic of arable land and pastures due to inconvenience. The number of cattle in the last decade has been quite stable and amounted to 300-340 thousand heads in different years. The increase in cattle stock in Zhanibeksky (by 71%), Kaztalovsky (by 47%), Bykovsky (by 33%) and Rovensky (60%) districts was offset by a corresponding decrease in the Saratov region (on average by 30-40%). Approximately 82% of pastures belong to semi-desert landscapes, about 17% - to steppe. Most of the pasture land (54.8%) has NDVI values of 0.3-0.35, another 34% of NDVI pastures varies from 0.35 to 0.40. The most productive pastures are located in the Kaztalovsky district of the West Kazakhstan region and the Sovi-etsky and Fedorovsky regions of the Saratov region. The least productive pastures in Dergachevsky, Aleksandrovo-Gaysky, Novouzensky, Pitsersky and Rovensky districts of the Saratov region.

Key words: *agrolandscape, pastures, natural resource management, land use, GIS, mapping.*

Citation. Shinkarenko S.S. Geoinformation analysis of pasture resources of ecotone «Small sirt - Caspian lowland». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 227-239 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-24.

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 633.2(58.02)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПАСТБИЩНЫХ РЕСУРСОВ МЕЗОЭКОТОНА «МАЛЫЙ СЫРТ - ПРИКАСПИЙСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ»

С.С. Шинкаренко, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 16.03.2020

Дата принятия к печати 01.08.2020

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области
в рамках научного проекта № 19-45-343003*

Актуальность обусловлена особенностями ландшафта экотона, которые определены переходом от степной зоны к полупустынной, где состояние компонентов ландшафта динамично и в большой степени зависит от внешних условий. Выявление закономерностей изменения состояния ландшафта даст возможность научно обосновать рациональное пользование природными ресурсами для эффективного ведения хозяйственной деятельности. **Объект.** Территория исследования - экотон «Малый Сырт – Прикаспийская низменность». Южная граница экотона проходит по широте 49° 30', северная – 51° 20' от Волгоградского водохранилища на западе до долготы около 49°. **Материалы и методы.** Исследование основано на массивах статистических данных поголовья скота в хозяйствах всех категорий, материалах дистанционного зондирования, получаемых по данным спутника MODIS и тематических картах (ландшафтная карта СССР, данные о подстилающей поверхности). Все данные были перепроецированы и переконвертированы в векторный формат для работы в геоинформационной среде QGIS. Для пастбищ рассчитаны средневзвешенные значения вегетационного индекса в разрезе муниципальных районов и родов ландшафтов. Взвешивание производилось на основе площадей, занятых участками с определенными значениями вегетационного индекса. **Результаты и выводы.** Установлено, что в регионе исследований пастбища занимают большую часть территории – 62,8 %, еще почти 19 % представляет мозаика из пашни и пастбищ по неудобьям. За последние десятилетия существенно выросло поголовье скота, в первую очередь овец и коз. Поголовье КРС в последнее десятилетие было достаточно стабильно и составляло 300-340 тыс. голов в разные годы. Увеличение поголовья КРС в Жанибекском (на 71 %), Казталовском (на 47 %), Быковском (на 33 %) и Ровенском (на 60 %) районах компенсировалось соответствующим снижением в Саратовской области (в среднем на 30-40 %). Примерно 82 % пастбищ относятся к полупустынным ландшафтам, около 17 % – к степным. Большая часть пастбищных земель (54,8 %) имеет значения

NDVI 0,3-0,35, еще 34 % пастбищ NDVI изменяется от 0,35 до 0,40. Наиболее продуктивные пастбища расположены в Казталовском районе Западно-Казахстанской области и Советском и Фёдоровском районах Саратовской области. Наименее продуктивные пастбища в Дергачёвском, Александрово-Гайском, Новоузенском, Питерском и Ровенском районах Саратовской области.

Ключевые слова: агроландшафт, пастбища, природопользование, землепользование, геоинформационные технологии, картографирование.

Цитирование. Шинкаренко С.С. Геоинформационный анализ пастбищных ресурсов мезоэктона «Малый сырт - Прикаспийская низменность». *Известия НВ АУК*. 2020. 3 (59). 227-239. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-24.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования собрал материал, проанализировал данные и написал рукопись.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Экотон «Малый Сырт – Прикаспийская низменность» представляет собой переходную зону от сухостепных к полупустынным ландшафтам [11]. В силу природных особенностей (засушливый климат, комплексный почвенный покров с участием солонцов, засоленные грунтовые воды) район исследований сложен для сельскохозяйственного освоения [2, 3, 12, 22]. Развитие орошения с середины 1970-х годов привело к вторичному засолению почв, подъему уровня грунтовых вод и их засолению [4, 15, 16, 24]. Вывод из обращения больших площадей пашни в конце XX в. привел к постепенному восстановлению экосистем [6, 7]. Снижение поголовья скота и благоприятные климатические изменения способствовали восстановлению продуктивности пастбищ [21, 25, 26]. В этих условиях фермерское животноводческое направление может стать перспективным направлением сельского хозяйства в регионе, особенно при проведении фитомелиоративных работ [18]. В северной части района исследований возможно выращивание сельскохозяйственных культур, но обязательно поддержание защитных лесных насаждений в удовлетворительном состоянии и создание новых лесных полос, где это требуется [10, 16].

Выявление закономерностей изменения состояния ландшафтов с учетом особенностей рельефа, пространственной дифференциации почв и растительности в переходной зоне «Малый Сырт – Прикаспийская Низменность» послужит основой для ландшафтного планирования мелиоративных работ и организации сельскохозяйственного производства в сложных, меняющихся условиях изучаемого экотона. Целью данного исследования является определение актуальных площадей, которые используются или могут использоваться как пастбища, а также оценка продуктивности этих земель и их ландшафтных особенностей по материалам дистанционного зондирования Земли и на основе электронных тематических карт.

Объект исследования. Территория рассматриваемого экотона «Малый Сырт – Прикаспийская низменность» относится к Заволжской сухостепной провинции и представлена темно-каштановыми, каштановыми почвами и их в различной степени смытыми видами, лугово- и луговато-каштановыми, лиманными и пойменными почвами, солонцами [11]. Ландшафты представлены следующими типами: степным (сухостепной подтип), полупустынным и пустынным (северопустынный подтип) [8; 19]. Южная граница экотона проходит по широте 49° 30', северная – 51° 20' от Волгоградского водохранилища на западе до долготы около 49°. Объект исследований расположен на территории трех областей: Волгоградской (четыре муниципальных района) и Саратовской (10 районов) в России и Западно-Казахстанской в респ. Казахстан (два района).

Материалы и методы. Исследование основано на массивах статистических данных поголовья скота в хозяйствах всех категорий (<https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst.htm>), материалах дистанционного зондирования (информационный продукт MOD13Q1 NDVI, получаемый по данным спектрогра-

диметра MODIS (спутник Terra)) и тематических продуктах (слои Open Street Map и USGS Land Use/Land Cover System). По данным Open Street Map (<http://data.nextgis.com>) определены границы муниципальных образований, на территории которых расположен район исследований. Данные USGS Land Use/Land Cover System представляют собой растры разрешением около 450 м, в каждой ячейке которого прописан код типа подстилающей поверхности (всего 24 типа). Для удобства типы, представленные в районе исследований, были объединены в 5 групп: пашни, мозаика из пастбищ и пашни, пастбища, водные объекты, урбанизированные территории (рисунок 1).

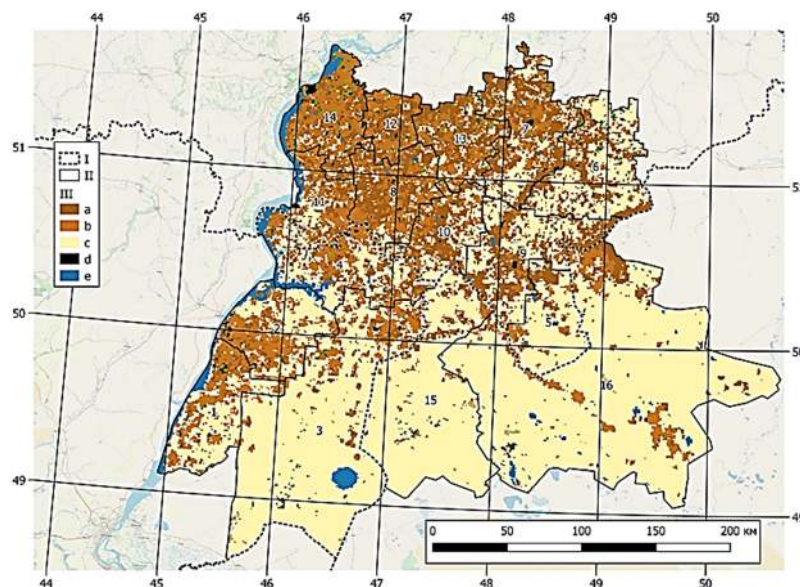


Рисунок 1 – Структура подстилающей поверхности района исследований по данным USGS Land Use/Land Cover System (I – границы областей, II – границы районов (номера см. табл. 1), III – типы подстилающей поверхности: а – мозаика пашни и пастбищ, б – пашни, с – пастбища, d – урбанизированные территории, e – водные объекты, f - лес)

Figure 1 – Land cover structure of the research area according to the USGS Land Use / Land Cover System (I - boundaries of regions, II - boundaries of regions, III - types of land cover: a – cropland/grassland mosaic, b – cropland, c – grassland, d – urban, e – water bodies, f - forest)

Растровые данные USGS были преобразованы в векторный формат, после чего полученный геоинформационный слой типов подстилающей поверхности был пересечен слоем-маской с границами муниципальных образований. После этого стал возможен подсчет площадей земель, которые могут быть использованы как пастбища, по каждому муниципальному району.

Данные MOD13Q1 NDVI представляют собой 16-ти дневные растровые композиты (усреднение суточных NDVI за шестнадцать дней) разрешением примерно 250x400 м. Предварительно растры были перекодированы в формат GeoTiff и перепроецированы из исходной синусоидальной проекции в общеземную систему WGS 84. После чего произведено усреднение NDVI за вегетационные сезоны 2000-2019 гг. Вегетационный индекс NDVI связан с площадью листовой поверхности растений и продуктивностью сообществ, поэтому может применяться для анализа состояния растительности. Определяется как нормализованная разница между спектральной яркостью в ближнем инфракрасном и красном диапазонах. Для каждого муниципального района были рассчитаны средневзвешенные среднееголетние, медианные значения и стандартные отклонения NDVI. Арифметическое взвешивание основывалось на площадях в качестве весов:

$$\overline{\text{NDVI}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \text{NDVI}_i}{\sum_{i=1}^n S_i},$$

230

где \overline{NDVI} – средневзвешенное значение NDVI, S_i – площадь i -го участка, $NDVI_i$ – средний нормализованный вегетационный индекс i -го участка.

Статистические данные о поголовье скота в муниципальных районах были сведены в одну таблицу, после чего присоединены через связанное поле-идентификатор к таблице атрибутов слоя с границами муниципальных образований. Это позволило рассчитать пастбищные нагрузки (площадь пастбищ была определена на предыдущем этапе). При переводе поголовья с условные головы КРС использованы общепринятые коэффициенты [5].

Ландшафтное районирование приводится по работе [19]. Ландшафтная карта изначально представлена в формате векторного слоя, поэтому легко была добавлена в разработанную локальную ГИС. Геоинформационная обработка произведена в программе QGIS 3.2, статистический анализ выполнен в программе Microsoft Office Excel. Площади рассчитаны на эллипсоиде WGS 84.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 показано распределение поголовья овец и коз в муниципальных районах в регионе исследований. Наибольшее поголовье сосредоточено в южной выровненной части: Волгоградской и Западно-Казахстанской областях. Тем не менее, большие пастбищные нагрузки характерны для Саратовской области, в силу меньших площадей пастбищных земель. Например, в Фёдоровском и Ровенском районах нагрузки превышают 1 усл. гол. КРС / га. Всего доля пастбищных земель в районах меняется от 7 % (Советский) до 80-90 % в Палласовском, Энгельсском и Жанибекском районах. В районах с сильной эрозионной расчлененностью больше доля мозаики из пастбищ и пашен: Советский (52 %), Краснокутский (49,6 %), Ершовский (48,3 %), Фёдоровский (47,5 %) районы Саратовской области.

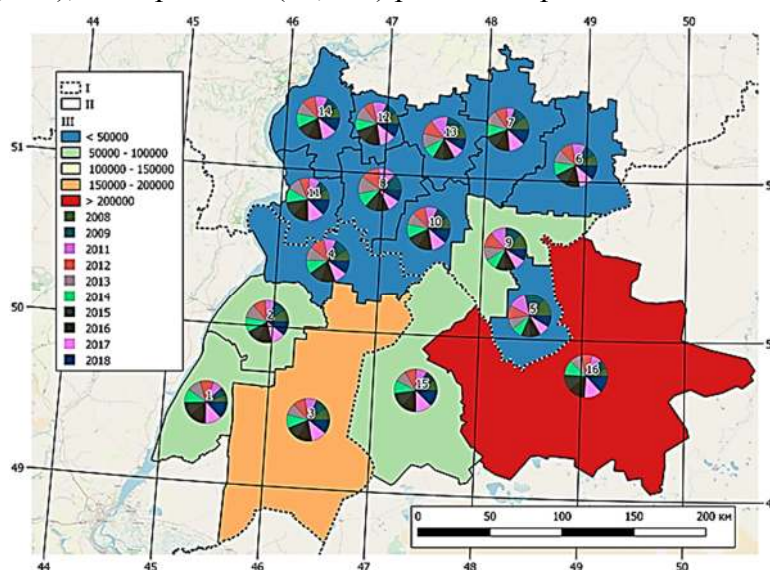


Рисунок 2 – Динамика поголовья овец и коз в муниципальных районах в 2008-2018 гг. (I – границы областей, II – границы районов (номера см. табл. 1), III – поголовье овец и коз в 2018 г.)

Figure 2 – The dynamics of the livestock of sheep and goats in municipal areas in 2008-2018. (I - the boundaries of the regions, II - the boundaries of the districts, III - the number of sheep and goats in 2018)

В регионе в последнее десятилетие отмечается устойчивый рост поголовья скота (рисунок 3). При этом поголовье КРС было достаточно стабильно и составляло 300-340 тыс. голов в разные годы. Увеличение поголовья КРС в Жанибекском (на 71 %), Казталовском (на 47 %), Быковском (на 33 %) и Ровенском (на 60 %) районах компенсировалось соответствующим снижением в Саратовской области (в среднем на 30-40 %).

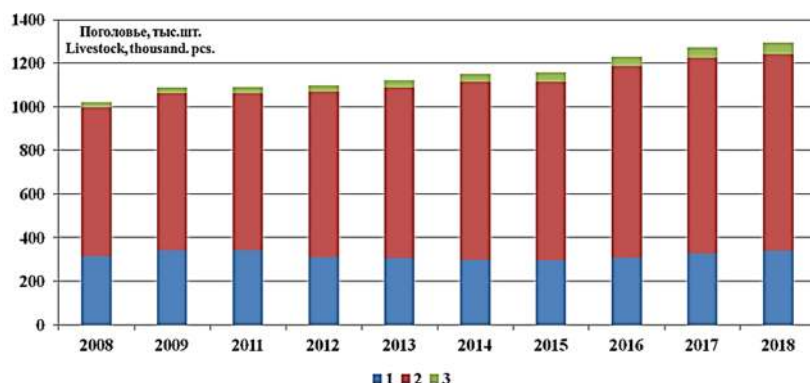


Рисунок 3 – Динамика поголовья скота в районе исследований
(1 – КРС, 2 – овцы и козы, 3 – лошади)

Figure 3 – The dynamics of livestock in the research area (1 – cattle, 2 – sheep and goats, 3 - horses)

Поголовье овец и коз за десятилетие выросло на 25 % и составило 903 тыс. гол., среднегодовое увеличение 23,1 тыс. гол. в год. Наибольшее увеличение поголовья мелкого рогатого скота по сравнению с 2009 г. отмечено в Быковском (в 2,1 раза), Казталовском (в 2 раза), Ровенском, Жанибекском (в обоих в 1,5 раза) районах. Наибольшее снижение поголовья характерно для Александрово-Гайского (на 42 %), Новоузенского (28 %), Советского и Краснокутского (по 20 %) районов Саратовской области. В остальных районах поголовье овец и коз оставалось приблизительно на одном уровне, изменяясь на 10-15 % в разные годы.

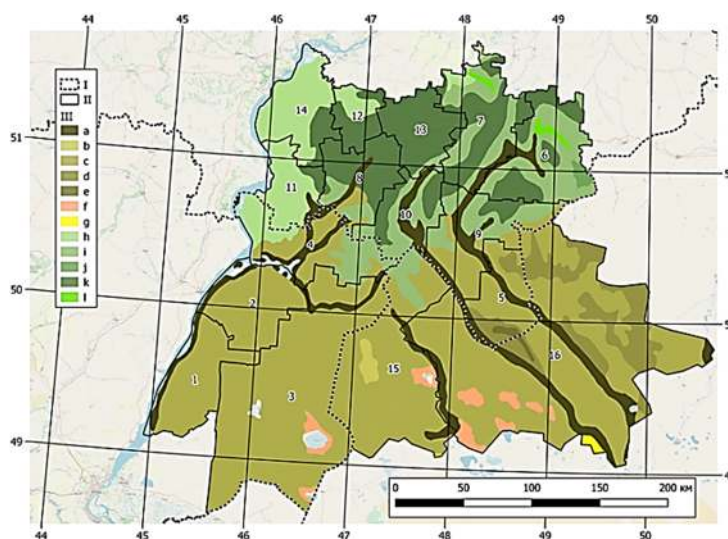


Рисунок 4 – Ландшафтная карта района исследований (I – границы областей, II – границы районов (номера см. табл. 1), III – ландшафты: полупустынные: а – аллювиально-аккумулятивные, b – денудационные структурные, с – морские аккумулятивные, d – озерно-аллювиально аккумулятивные, e – речные долины, f – солончаковые аккумулятивные; g – северопустынные морские аккумулятивные; сухостепные: h – аллювиально-аккумулятивные, i – делювиально-пролювиальные аккумулятивные, j – денудационно-эрозионные пластовые, k – лессовые аккумулятивные, l – речные долины)

Figure 4 – Landscape map of the research area (I - the boundaries of the regions, II - the boundaries of the districts, III - landscapes: semi-desert: a - alluvial-accumulative, b - denudational structural, c - marine accumulative, d - lake-alluvial accumulative, e - river valleys, f - solonchak accumulative; g - north-desert marine accumulative; dry steppe: h - alluvial-accumulative, i - deluvial-proluvial accumulative, j - erosion denudation reservoir, k - loess accumulative, l - river valleys)

На территории казахстанской части изучаемого района существенно выросло поголовье лошадей: в 3,7 раза в Жанибекском районе, и в 3,4 раза в Казталовском, и достигло почти 27,5 тыс. голов. В то время как на территории России количество лошадей оставалось практически неизменным на уровне 18-19 тыс. голов.

Пастбищные нагрузки необходимы для изучаемых ландшафтов, поскольку накопление растительной ветоши способствует распространению степных пожаров в регионе [20]. В настоящее время поголовье скота распределено неравномерно, большие площади пастбищ не используются, в то время как участки, прилегающие к населенным пунктам и существующим фермам, подвержены перевыпасу. Различные типы ландшафтов отличаются устойчивостью к пастбищным нагрузкам. В изучаемом регионе ландшафты относятся к трем типам (рисунок 4): степному (18 %), полупустынному (81,5 %) и пустынному (0,5 %) со степным типом растительности [13].

Всего в регионе примерно 63 % пастбищ (рисунок 1). В волгоградской и казахстанской частях района исследований 95 % и 98 % пастбищ соответственно относятся к полупустынным ландшафтам (таблица 1), в Саратовской только 28 % ландшафтов этого типа. К степному типу ландшафтов в саратовской части относится 72 % пастбищ.

Таблица 1 – Площади пастбищ разных типов ландшафтов в районе исследований

Table 1 – Area of landscape types in the study area

№	Район / District	Площадь, тыс. га / Pasture area, thousand ha			
		Степные / Steppe	Полупустынные / Semidesert	Пустынные / Desert	Всего / Total
1	Быковский / Bykovskii	0,0	175,0	0,0	175,0
2	Николаевский / Nikolaevskii	0,0	152,4	0,0	152,4
3	Палласовский / Pallasovskii	1,8	1024,0	0,0	1025,8
4	Старополтавский / Staropoltavskii	78,2	93,0	0,0	171,2
5	Александрово-Гайский / Aleksandrovo-Gaiskii	2,1	200,0	0,0	202,1
6	Дергачёвский / Dergachevskii	266,3	5,3	0,0	271,6
7	Ершовский / Ershovskii	131,2	3,6	0,0	134,8
8	Краснокутский / Krasnokutskii	38,6	6,2	0,0	44,7
9	Новоузенский / Novouzenskii	125,6	76,2	0,0	201,7
10	Питерский / Piterskii	82,7	13,3	0,0	96,1
11	Ровенский / Rovenskii	56,9	1,4	0,0	58,3
12	Советский / Sovetskii	10,3	0,0	0,0	10,3
13	Фёдоровский / Fedorovskii	51,6	0,3	0,0	51,9
14	Энгельсский / Engel'sskii	29,4	0,0	0,0	29,4
15	Жанибекский / Zhanibekskii	45,7	673,9	1,2	720,9
16	Казталовский / Kaztalovskii	0,0	1711,2	10,7	1721,8
Всего / Total		920,4	4135,6	11,9	5067,9

Все пустынные ландшафты расположены в южных частях районов Западно-Казахстанской области, практически не попадая в границы изучаемой переходной зоны. Степные ландшафты Волгоградской области относятся по происхождению к аллювиально-аккумулятивным и делювиально-пролювиальным. В Саратовской области

степные ландшафты также представлены денудационно-эрозионно пластовыми, лессовыми аккумулятивными, а также ландшафтами речных долин. В Западно-Казахстанской области имеются только делювиально-пролювиальные ландшафты степного типа. Около 65 % процентов территории представлены полупустынными морскими аккумулятивными ландшафтами. Также в этом типе ландшафтов в районе исследований есть аллювиально-аккумулятивные, денудационные структурные, озерно-аккумулятивные, солончаковые аккумулятивные и ландшафты речных долин.

Для анализа продуктивности пастбищных ландшафтов традиционно применяют нормализованный вегетационный индекс NDVI [1, 9, 17, 23]. Несмотря на низкое пространственное разрешение, данные MODIS NDVI широко применяются для анализа состояния растительности, так как имеют ряд преимуществ: непрерывный ряд значений, нет необходимости делать радиометрическую калибровку и коррекцию атмосферных искажений. Карта среднесезонных значений NDVI показана на рисунке 5. Большие значения вегетационного индекса имеют пойменные ландшафты и участки с лесными насаждениями. Меньшими значениями индекса характеризуются полупустынные пастбища и мозаика пахотных и пастбищных земель. Средневзвешенное значение NDVI пастбищ района исследований за 2000-2019 гг. составляет 0,34 (таблица 2), что соответствует общему проективному покрытию 30-40 %. При этом наиболее продуктивные пастбища расположены в Казталовском районе Западно-Казахстанской области и Советском и Фёдоровском районах Саратовской области. Наименее продуктивные пастбища в Дергачёвском, Александрово-Гайском, Новоузенском, Питерском и Ровенском районах Саратовской области.

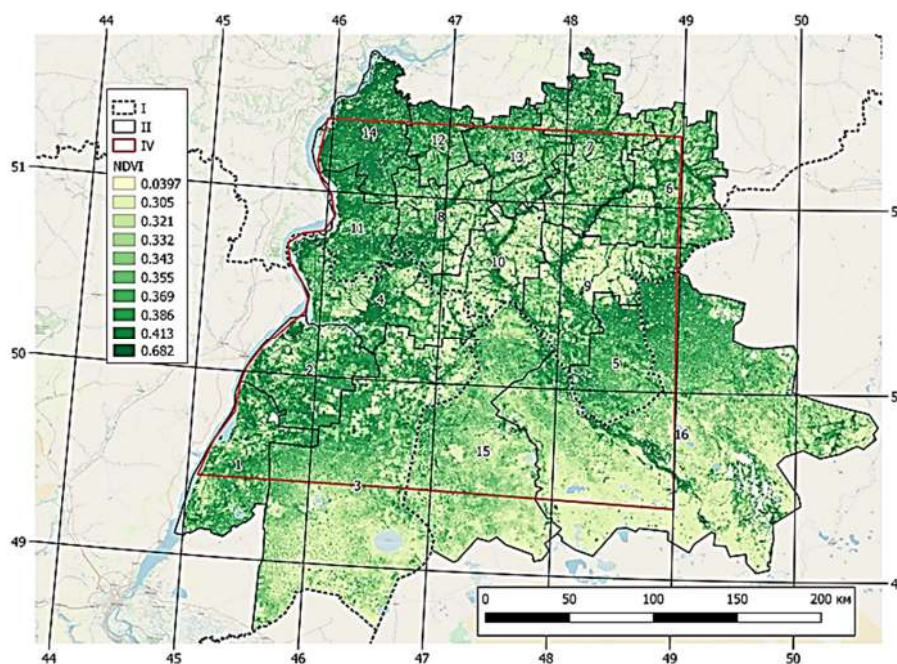


Рисунок 5 – Среднесезонные значения NDVI (I – границы областей, II – границы районов, IV – границы экотона)

Figure 5 – Long-term average NDVI values . (I - the boundaries of the regions, II - the boundaries of the districts, IV – ecotone border)

Наибольшие значения NDVI характерны для степных ландшафтов речных долин (0,42) и степных аллювиально-аккумулятивных ландшафтов (0,40). Полупустынные солончаковые аккумулятивные и пустынные ландшафты имеют NDVI 0,28. В остальных подтипах ландшафтов значения NDVI лежат в интервале 0,35-0,36.

Таблица 2 – Средневзвешенные значения NDVI

Table 2 – Weighted arithmetic mean of NDVI

№	Район / District	Средневзвешенные значения NDVI / Weighted arithmetic mean of NDVI		
		Среднее / Mean	Медиана / Median	Ст. отклоне- ние / St. dev.
1	Быковский / Bykovskii	0,37	0,37	0,02
2	Николаевский / Nikolaevskii	0,37	0,37	0,03
3	Палласовский / Pallasovskii	0,36	0,35	0,03
4	Старополтавский / Staropoltavskii	0,36	0,36	0,03
5	Александрово-Гайский / Aleksandrovo-Gaiskii	0,34	0,33	0,02
6	Дергачёвский / Dergachevskii	0,33	0,33	0,02
7	Ершовский / Ershovskii	0,36	0,35	0,03
8	Краснокутский / Krasnokutskii	0,37	0,37	0,03
9	Новоузенский / Novouzenskii	0,34	0,33	0,03
10	Питерский / Pitserskii	0,34	0,33	0,02
11	Ровенский / Rovenskii	0,34	0,33	0,03
12	Советский / Sovetskii	0,40	0,39	0,03
13	Фёдоровский / Fedorovskii	0,39	0,39	0,02
14	Энгельсский / Engel'sskii	0,36	0,36	0,03
15	Жанибекский / Zhanibekskii	0,37	0,37	0,03
16	Казталовский / Kaztalovskii	0,42	0,42	0,02
Всего / Total		0,34	0,34	0,02

Примерно 55 % всех пастбищ региона исследований имеют значения вегетационного индекса от 0,3 до 0,35, еще 34 % – от 0,35 до 0,4. Например, в Казталовском и Жанибекском районах расположено более половины (1,5 млн га) пастбищ с NDVI 0,3-0,35. Ландшафты со значениями вегетационного индекса 0,35-0,40 распределены относительно равномерно: по 550-580 тыс. га в каждом из регионов. Пастбища со значениями NDVI менее 0,3 в регионе исследований занимают 7,4 % площади, со значениями NDVI более 0,4 – всего 3,6 %. Максимальные значения NDVI имеют пастбища речных долин Дергачевского района, минимальные – полупустынные солончаково-аккумулятивные – в Казталовском, Жанибекском и Палласовском районах. При этом тенденция динамики NDVI направлена на снижение: наблюдается устойчивый негативный тренд NDVI в 2000-2016 гг. [14].

Выводы. Результаты исследований могут использоваться для оптимизации сельскохозяйственного производства и перераспределения пастбищных нагрузок в районе исследований. В регионе исследований пастбища занимают большую часть территории – 62,8 %, еще почти 19 % представляет мозаика из пашни и пастбищ по неудобьям. Доля пастбищных земель в районах меняется от 7 % (Советский) до 80-90 % в Палласовском, Энгельсском и Жанибекском районах. В районах с сильной эрозийной расчлененностью больше доля мозаики из пастбищ и пашен: Советский (52 %), Краснокутский (49,6 %), Ершовский (48,3 %), Фёдоровский (47,5 %) районы Саратовской области.

В регионе в последнее десятилетие отмечается устойчивый рост поголовья скота. При этом поголовье КРС было достаточно стабильно и составляло 300-340 тыс. голов в разные годы. Увеличение поголовья КРС в Жанибекском (на 71 %), Казталовском (на 47 %), Быковском (на 33 %) и Ровенском (на 60 %) районах компенсировалось соответствующим снижением в Саратовской области (в среднем на 30-40 %).

В Волгоградской и казахстанской частях района исследований 95 % и 98 % пастбищ соответственно относятся к полупустынным ландшафтам, в Саратовской только 28 % ландшафтов этого типа. К степному типу ландшафтов в саратовской

части относится 72 % пастбищ. Все пустынные ландшафты расположены в южных частях районов Западно-Казахстанской области, практически не попадая в границы изучаемой переходной зоны.

Средневзвешенное значение NDVI пастбищ района исследований за 2000-2019 гг. составляет 0,34, что соответствует общему проективному покрытию 30-40 %. При этом наиболее продуктивные пастбища расположены в Казталовском районе Западно-Казахстанской области и Советском, Фёдоровском районах Саратовской области. Наименее продуктивные пастбища в Дергачёвском, Александрово-Гайском, Новоузенском, Питерском и Ровенском районах Саратовской области. Наибольшие значения NDVI характерны для степных ландшафтов речных долин и степных аллювиально-аккумулятивных ландшафтов.

Библиографический список

1. Возможности дистанционной оценки состояния и степени деградации природных кормовых угодий / Ерошенко Ф.В., Барталев С.А., Лапенко Н.Г., Самофал Е.В., Сторчак И.Г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 53-66.
2. Конюшкова М.В., Абатуров Б.Д. Особенности микрорельефа и свойства почв солонцового комплекса на поздних стадиях развития в Прикаспийской низменности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016. № 83. С. 53-76.
3. Кулик К.Н., Ткаченко Н.А. Адаптивно-ландшафтная трансформация малопродуктивных и деградированных земель волгоградского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2(30). С. 3-8.
4. Кулик К.Н., Ткаченко Н.А., Кошелев А.В. Использование ГИС-технологий при оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты волгоградского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. № 2(52). С. 161-163.
5. Манаенков А.С., Воронина В.П., Вдовенко А.В. Методические рекомендации по фитомелиорации аридных территорий и нормы нагрузки на природные пастбища. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 80 с.
6. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» (под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева). Т. 2. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. 476 с.
7. Пугачева А.М. Восстановление экосистем на залежах на комплексных каштановых почвах сухих степей // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 1 (21). С. 234-240.
8. Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. Геоморфологические критерии проведения лесомелиорации ландшафтов (на примере Приэльтонья) // Геоморфология. 2017. № 2. С. 63-71.
9. Рулев А.С., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113-123.
10. Рулев А.С., Пугачева А.М. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы // Вестник РАН. 2019. Т. 89. № 10. С. 1044-1051.
11. Рулев А.С., Юферов В.Г., Рулев Г.А. Почвенно-геоморфологическая катена «Малый сырт – Прикаспий» // Геоморфология. 2020. № 1. С. 22-33.
12. Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Ахмеденов К.М. Этапы освоения и современное использование засушливых земель Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. – 2015. – Т. 21. – № 3(64). – С. 84-91.
13. Сафронова И.Н. Полупустыня - парадокс XX века // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 1(78). С. 3-9.
14. Тельнова Н.О. Выявление и картографирование многолетних трендов NDVI для оценки вклада изменений климата в динамику биологической продуктивности агроэкосистем лесостепной и степной зон Северной Евразии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. №6. С. 97-107.

15. Ткаченко Н.А. Качественная оценка и картографирование деградации пахотных земель волгоградского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46). С. 21-23.
16. Ткаченко Н.А., Кошелев А.В. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов волгоградского Заволжья // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2(26). С. 137-143.
17. Харазми Р., Паниди Е.А., Каркон Варнасадерани Оценка динамики аридных экосистем на основе временных рядов космических снимков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 214-223.
18. Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М., Шамсутдинова Э.З., Благоразумова М.В., Шамсутдинов Н.З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 270-281.
19. Швиденко А., Щепашенко Д., МакКаллум Я. СД-РОМ «Леса и лесное хозяйство России» Международный институт прикладного системного анализа и Российская Академия наук. Лаксенбург, Австрия. 2007. URL: http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/forest_cdrom/index.html
20. Шинкаренко С.С., Берденгалиева А.Н. Анализ многолетней динамики степных пожаров в Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 98–110.
21. Kouzmina J.V., Treshkin S.E. Climate changes in the basin of the Lower Volga and their influence on the ecosystem // Arid ecosystems. 2014. Vol. 4.No. 3. P. 142-157.
22. Krasnoyarova B.A., Orlova I.V., Plutalova T.G., Sharabarina S.N. Landscape-Ecological Assessment of Dry Lands of the Russian-Kazakhstan Border Zone for Sustainable Land Use // Arid Ecosystems. 2019. T. 9. № 3. P. 150-156.
23. Lehnert L.W., Meyer H., Meyer N. A hyperspectral indicator system for rangeland degradation on the Tibetan Plateau: A case study towards spaceborne monitoring // Ecological Indicators. 2014. Vol. 39. P. 54–64.
24. Plekhanova L.N. Anthropogenic Degradation of Soils on River Terraces in the Volga–Ural Region in the Bronze Age and Its Effect on the Modern Soil–Plant Cover // Arid Ecosystems. 2019. T. 9. № 3. P. 187-192.
25. Sapanov M.K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8, №. 1. P. 13-21.
26. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A., Vinogradova V.V. Dynamics of Summer Moistening and Biophysical Parameters of Arid Pastures in the European Part of Russia in 2000–2014 // Arid Ecosystems. 2016. T. 6. № 1. P. 5-10.

Conclusions. In the research region, pastures occupy a large part of the territory - 62.8%, another 19% is represented by a mosaic of cropland and pastures due to inconvenience. The share of pasture land in the regions varies from 7% (Sovietskii) to 80-90% in the Pallasovskii, Engelsskii and Zhanibekskii districts. In areas with strong erosive dissection, the proportion of mosaics from pastures and arable lands is greater: Sovetsky (52%), Krasnokutskii (49.6%), Ershovskii (48.3%), Fedorovskii (47.5%) areas of the Saratov region.

The region has seen a steady increase in livestock over the past decade. At the same time, the number of cattle was quite stable and amounted to 300-340 thousand heads in different years. The increase in cattle stock in Zhanibekskii (by 71%), Kaztalovskii (by 47%), Bykovskii (by 33%) and Rovenskii (60%) districts was offset by a corresponding decrease in the Saratov region (on average by 30-40%).

In the Volgograd and Kazakhstan parts of the study area, 95% and 98% of pastures respectively belong to semi-desert landscapes, in Saratov only 28% of landscapes of this type. 72% of pastures belong to the steppe type of landscape in the Saratov part. All desert landscapes are located in the southern parts of the regions of the West Kazakhstan region, almost without falling into the boundaries of the studied transition zone.

The weighted average value of NDVI pastures of the research area for 2000-2019. is 0.34, which corresponds to a total projective coverage of 30-40%. The most productive pastures are located in the Kaztalovsky district of the West Kazakhstan region and the Sovietskii and Fedorovskii districts of the Saratov region. The least productive pastures in Dergachevskii, Aleksandrovo-Gayskii, Novouzenskii, Pitserskii and Rovenskii districts of the Saratov region. The highest NDVI values are characteristic of steppe landscapes of river valleys and steppe alluvial-accumulative landscapes.

Reference

1. Eroshenko F.V., Bartalev S.A., Lapenko N.G., Samofal E.V., Storchak I.G. Vozmozhnosti distantsionnoi otsenki sostoyaniya i stepeni degradatsii prirodnikh kormovykh ugodii // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. T. 15. № 7. P. 53-66.
2. Konyushkova M.V., Abaturon B.D. Osobennosti mikrorel'efa i svoystva pochv solontso-vogo kompleksa na pozdnykh stadiyakh razvitiya v Prikaspiiskoi nizmennosti // *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. 2016. № 83. P. 53-76.
3. Kulik K.N., Tkachenko N.A. Adaptivno-landshaftnaya transformatsiya maloproduktivnykh i degradirovannykh zemel' volgogradskogo Zavolzh'ya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2013. № 2(30). P. 3-8.
4. Kulik K.N., Tkachenko N.A., Koshelev A.V. Ispol'zovanie GIS-tekhnologii pri otsenke antropogennoi nagruzki na agrolandshafty volgogradskogo Zavolzh'ya // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 2(52). P. 161-163.
5. Manaenkov A.S., Voronina V.P., Vdovenko A.V. Metodicheskie rekomendatsii po fitomeliioratsii aridnykh territorii i normy nagruzki na prirodnye pastbishcha. Volgograd: VNIALMI, 2013. 80 p.
6. Natsional'nyi doklad «Global'nyi klimat i pochvennyi pokrov Rossii: opustynivanie i degradatsiya zemel', institutsional'nye, infrastrukturnye, tekhnologicheskie mery adaptatsii (sel'skoe i lesnoe khozyaistvo)» (pod red. R.S.-Kh. Edel'gerieva). T. 2. M.: OOO «Izdatel'stvo MBA», 2019. 476 p.
7. Pugacheva A.M. Vosstanovlenie ekosistem na zalezakh na kompleksnykh kashtanovykh pochvakh sukhikh stepei // *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2016. № 1 (21). P. 234-240.
8. Rulev A.S., Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S. Geomorfologicheskie kriterii provedeniya lesomeliioratsii landshaftov (na primere Priel'ton'ya) // *Geomorfologiya*. 2017. № 2. P. 63-71.
9. Rulev A.S., Kanishchev S.N., Shinkarenko S.S. Analiz sezonnoi dinamiki NDVI estestvennoi rastitel'nosti Zavolzh'ya Volgogradskoi oblasti // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016. Vol. 13. № 4. P. 113-123.
10. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formirovanie novoi agrolesomeliiorativnoi paradigmy // *Vestnik RAN*. 2019. Vol. 89. № 10. P. 1044-1051.
11. Rulev A.S., Yuferev V.G., Rulev G.A. Pochvenno-geomorfologicheskaya katena «Malyi syrt – Prikaspii» // *Geomorfologiya*. 2020. № 1. P. 22-33.
12. Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., Akhmedenov K.M. Etapy osvoeniya i sovremennoe ispol'zovanie zasushlivykh zemel' Severnogo Prikaspiya // *Aridnye ekosistemy*. 2015. Vol. 21. № 3(64). P. 84-91.
13. Safronova I.N. Polupustynya - paradoks KhKh veka // *Aridnye ekosistemy*. 2019. Vol. 25. № 1(78). P. 3-9.
14. Tel'nova N.O. Vyyavlenie i kartografirovaniye mnogoletnykh trendov NDVI dlya otsenki vklada izmenenii klimata v dinamiku biologicheskoi produktivnosti agroekosistem lesostepnoi i stepnoi zon Severnoi Evrazii // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017. Vol. 14. №6. P. 97-107.
15. Tkachenko N.A. Kachestvennaya otsenka i kartografirovaniye degradatsii pakhotnykh zemel' volgogradskogo Zavolzh'ya // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. № 2 (46). P. 21-23.
16. Tkachenko N.A., Koshelev A.V. Kartografirovaniye zashchitnoi lesistosti agrolandshaftov volgogradskogo Zavolzh'ya // *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2017. № 2(26). P. 137-143.
17. Kharazmi R., Panidi E.A., Karkon Varnasaderani Otsenka dinamiki aridnykh ekosistem na osnove vremennykh ryadov kosmicheskikh snimkov // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016. Vol. 13. № 5. P. 214-223.

18. Shamsutdinov Z.Sh., Kosolapov V.M., Shamsutdinova E.Z., Blagorazumova M.V., Shamsutdinov N.Z. O kontseptsii ekologicheskoi nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agroekosistem // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2018. Vol. 53. № 2. P. 270-281.
19. Shvidenko A., Shchepashchenko D., MakKallum Ya. SD-ROM «Lesa i lesnoe khozyaistvo Rossii» Mezhdunarodnyi institut prikladnogo sistemnogo analiza i Rossiiskaya Akademiya nauk. Laksenburg, Avstriya. 2007. URL: http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/forest_cdrom/index.html
20. Shinkarenko S.S., Berdengalieva A.N. Analiz mnogoletnei dinamiki stepnykh pozharov v Volgogradskoi oblasti // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. Vol. 16. № 2. P. 98-110.
21. Kouzmina J.V., Treshkin S.E. Climate changes in the basin of the Lower Volga and their influence on the ecosystem // Arid ecosystems. 2014. Vol. 4.No. 3. P. 142-157.
22. Krasnoyaroova B.A., Orlova I.V., Plutalova T.G., Sharabarina S.N. Landscape-Ecological Assessment of Dry Lands of the Russian-Kazakhstan Border Zone for Sustainable Land Use // Arid Ecosystems. 2019. T. 9. № 3. P. 150-156.
23. Lehnert L.W., Meyer H., Meyer N. A hyperspectral indicator system for rangeland degradation on the Tibetan Plateau: A case study towards spaceborne monitoring // Ecological Indicators. 2014. Vol. 39. P. 54-64.
24. Plekhanova L.N. Anthropogenic Degradation of Soils on River Terraces in the Volga-Ural Region in the Bronze Age and Its Effect on the Modern Soil-Plant Cover // Arid Ecosystems. 2019. T. 9. № 3. P. 187-192.
25. Sapanov M.K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8, №. 1. P. 13-21.
26. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A., Vinogradova V.V. Dynamics of Summer Moistening and Biophysical Parameters of Arid Pastures in the European Part of Russia in 2000-2014 // Arid Ecosystems. 2016. T. 6. № 1. P. 5-10.

Authors Information

Shinkarenko Stanislav Sergeevich, researcher of the laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), associate professor of the department of geography and cartography, Volgograd state University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.ru.

Информация об авторах

Шинкаренко Станислав Сергеевич, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: shinkarenkos@vfanc.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-25

RESEARCH OF THE ABSORPTION PROPERTIES OF NATURAL MELIORANTS ON TECHNOGENIC DISTURBED LANDS

**E.G. Meshcheryakova, V.S. Bocharnikov
M.P. Meshcheryakov, O.V. Bocharnikova**

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

Received 10.07.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

The problem of finding an effective reclamation sorbent for the purpose of restoring agricultural land contaminated with oil and its processed products, which have a special economic value, is considered. The analysis of domestic and foreign experience of using the sorption method of recultivation of disturbed soils is carried out. It is established that natural sorption materials, due to such objective rea-

sons as: widespread use in the environment, low cost of use, high sorption properties, environmental safety, are the most attractive. In order to select an effective natural adsorbent, a laboratory analysis of the absorption properties of the selected minerals was carried out: activated carbon, zeolite and vermiculite, on light brown medium-clay soils of the Gorodishchensky district of the Volgograd region, contaminated with oil and petroleum products, and their main physical and chemical characteristics were given. The results of the study are presented. It was found that the share of extraction of petroleum products from the soil using vermiculite was 36 %, zeolite - 76 %, activated carbon - 67 %. However, based on the data obtained, it can be concluded that the use of natural zeolite not only contributes to better sorption, but also allows you to keep the accumulated sorbate in the pores of the mineral for a long period of time, preventing desorption of pollutants. The prospect of creating a combined natural meliorant used for cleaning and recultivation of technogenically disturbed soils is considered.

Abstract

Relevance. The soil environment is a complex systemically functioning organism. The seriousness of this problem is compounded by the fact that soil contamination with technogenic hydrocarbons violates all its properties: physical and chemical, biotic, morphological, destroying a particularly valuable, fertile layer. Therefore, the search for the most effective ways to clean and restore soils after oil and oil products contamination is relevant. **Object.** The object of research is light chestnut soils of gorodishchensky district of the Volgograd region, located along the Kuibyshev-Tikhoretsk oil pipeline. **Materials and methods.** In the course of writing of article were used the materials of scientific publications and papers that describe the problem of soil pollution by oil and oil products and characterizing natural sorbents and methods for their use during the reclamation and clean-up if contamination of anthropogenic hydrocarbons. Experimental studies were based on modern methodological guidelines for their implementation. **Results and conclusions.** According to the results of the study, a natural meliorant with the best absorption properties in relation to soil oil pollutants was established. Statistical processing of the obtained experimental data was performed and graphical dependencies were presented. In conclusion, based on the conducted research, it is concluded that it is appropriate to use zeolite sorbents in the course of reclamation and cleaning activities on soils disturbed by man-made hydrocarbons, and the prospect of creating a complex combined meliorant is considered on their basis.

Key words: *meliorant, natural sorbent, soil reclamation, oil and petroleum products, agricultural land, pollutant, sorbate.*

Citation: Meshcheryakova E.G., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., Bocharnikova O.V., Research of absorption properties of natural meliorants on technogenic disturbed lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 239-248. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-25.

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

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

УДК 628.16.067.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

Е. Г. Мещерякова, соискатель

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

М. П. Мещеряков, кандидат технических наук, доцент

О. В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.07.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Почвенная среда – сложный системно функционирующий организм. Серьезность обозначенной проблематики усугубляется тем, что загрязнение почв техногенными углеводородами нарушает все ее свойства: физико-химические, биотические, морфологиче-

ские, разрушая особо ценный, плодородный слой. Следовательно, поиск наиболее эффективных способов очистки и восстановления почв после загрязнения нефтью и нефтепродуктами является актуальным. **Объект.** Объект исследований – светло-каштановые почвы Городищенского района Волгоградской области, расположенные вдоль нефтепровода «Куйбышев-Тихорецк». **Материалы и методы.** В ходе написания статьи были использованы материалы научных публикаций и работ, описывающих проблему загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами и характеризующих природные сорбенты и способы их применения в ходе рекультивации и очистки земель при загрязнениях техногенными углеводородами. Экспериментальные исследования основывались на современных методологических указаниях их проведения. **Результаты и выводы.** По результатам исследования был установлен природный мелиорант с наилучшими поглотительными свойствами по отношению к почвенным нефтяным поллютантам. Была проведена статистическая обработка полученных экспериментальных данных и представлены графические зависимости. В заключение, на основании проведенных исследований сделан вывод о целесообразности применения в ходе проведения рекультивационно-очистительных мероприятий на почвах, нарушенных техногенными углеводородами, цеолитовых сорбентов, на их основе рассмотрена перспектива создания комплексного комбинированного мелиоранта.

Ключевые слова: мелиоранты, природные сорбенты, рекультивация почв, нефтепродукты, земли сельскохозяйственного назначения, поллютанты, сорбаты.

Цитирование: Мещерякова Е. Г., Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В. Исследование поглотительных свойств природных мелиорантов на техногенно нарушенных землях. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 239-248. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-25.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Высокие темпы развития нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности во всем мире неразрывно связаны с проблемой загрязнения почв, в том числе и особо ценных для народного хозяйства каждого государства земель сельскохозяйственного назначения, обеспечивающих продовольственную безопасность каждой страны. Поиски различных эффективных способов рекультивации и очистки таких почв с целью их возвращения в экономический оборот ведутся учеными многих стран, т.к., несмотря на постоянную погоню за добычей все большего количества основного энергоресурса – нефти, рано или поздно приходит объективное осознание на государственном и мировом уровнях необходимости сохранения и восстановления природных биогеоценозов, в том числе и почвенных экосистем, с целью снижения угроз для жизни и здоровья человека.

По официальным данным, количество разливов нефти и нефтепродуктов в России с каждым годом растет, наибольший ущерб приносят аварийные ситуации, возникающие при транспортировке нефти трубопроводным транспортом, проходящим в том числе и по территории сельхозугодий. На территории России протяженность только линейной части магистрального трубопровода составляет более 265 тыс. км. Отрицательная динамика изменения площадей сельскохозяйственных земель в результате различной антропогенной деятельности составила за последние 10 лет около 10 млн га [2]. Нефтяные поллютанты меняют физические, биохимические свойства почв, разрушая ее гумусовый плодородный слой [7].

Соответственно проблема поиска эффективных методов рекультивации и очистки техногенно нарушенных земель в результате нефтеразливов приобретает все возрастающее значение.

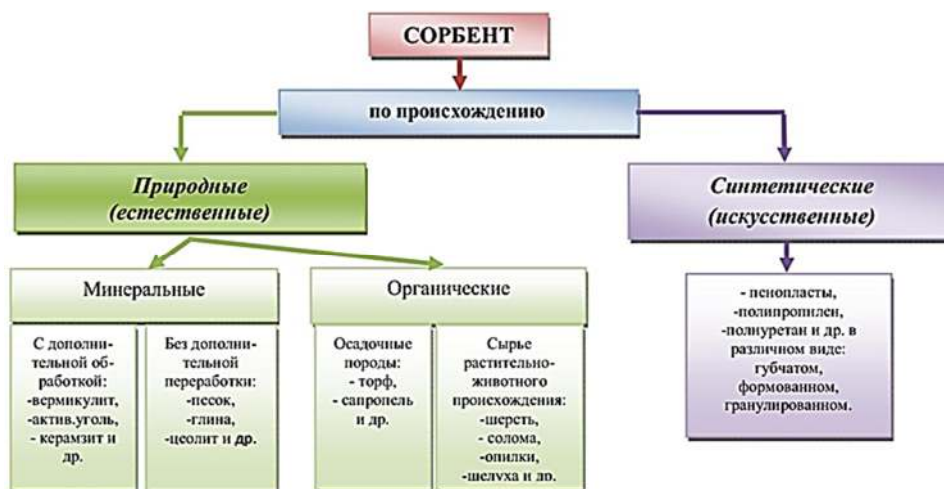


Рисунок 1 – Классификация нефтяных сорбентов

Figure 1 – Classification of petroleum sorbents

Метод сорбции нефти и нефтепродуктов из почвы после аварийных разливов, является одним из наиболее эффективных. Этот метод может использоваться для удаления нефтяных поллютантов с поверхности почвы путем расстилания специальных впитывающих матов. Сорбенты могут формоваться для удобства их дальнейшего изъятия и вноситься в загрязненную почву; она может предварительно валковаться для зонированного внесения сорбента, одновременно с этим могут использоваться различные агротехнические приемы, такие как рыхление, полив и др. [7, 8]. На практике во всем мире используют сорбенты как природного, так и синтетического происхождения (рисунок 1).

Поиск наиболее эффективных мелиорантов обуславливает создание и производство не только одноконпонентных сорбентов, но и комбинированных. Для наших исследований наибольший интерес представляли природные вследствие их большей доступности и экологической безопасности в результате применения на сельскохозяйственных землях, низкой себестоимости применения: активированный уголь, цеолит, вермикулит, гуминовая кислота (соль) [4, 5, 6, 10].

Вермикулит, цеолит, активированный уголь представляют собой пористые вещества, за счет чего их удельная поверхность и адсорбционные свойства значительно увеличиваются. Эти сорбенты не растворяются в воде, являются ускорителями процессов самоочищения и восстановления нарушенных почв, улучшая ее физико-химические свойства. В отличие от цеолита, вермикулит и активированный уголь, требуют предварительной производственной обработки (нагрева, химического синтеза) для дальнейшего их использования в качестве сорбентов. Уникальные же ионообменные свойства кристаллической решетки цеолитов имеют исключительно природно-геологическое происхождение. Активированный уголь состоит из почти не содержащих примесей углеродных форм [1, 3, 11, 12]. Вермикулит и цеолит содержат в своем составе калий, магний, кальций, железо, алюминий и др. и могут служить источниками микро- и макроэлементов для нарушенных почв, улучшая, стимулируя рост растений и влияя на качество производимой на сельскохозяйственных землях продукции [2, 7, 9].

Целью настоящей работы стало изучение поглощительных свойств природных мелиорантов, схожих по механизмам сорбции, при извлечении нефти и нефтепродуктов из техногенно загрязненных светло-каштановых среднесуглинистых почв Волгоградской области.

Для выполнения поставленной цели были проведены лабораторные исследования для определения поглотительных свойств у различных сорбентов природного происхождения.

Материалы и методы. В работе исследовались поглотительные свойства активированного угля марки БАУ-А, цеолита Иловлинского месторождения Волгоградской области, вермикулита месторождения Челябинской области.

Опытный участок сельскохозяйственных угодий располагался в районе поселка Кузьмичи Городищенского района Волгоградской области. Объединенная почвенная проба для проведения анализа отбиралась как с поверхности участка, так и по горизонтам в соответствии с ГОСТом 17.4.3.01-2017, ГОСТом 17.4.02-84 на линейном земельном участке протяженностью 100 м вдоль нефтетрубопровода «Куйбышев-Тихорецк». Почвы на участке светло-каштановые, по гранулометрическому составу – преимущественно среднесуглинистые.

Массовую долю нефти и нефтепродуктов в почве определяли гравиметрическим и фотоколориметрическим методами в лаборатории ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

Гравиметрический способ применяли в соответствии с утвержденной методикой выполнения измерений ПНД Ф 16.1.41-04. На основе данного метода из почвы происходит хроматографическое отделение нефтепродуктов от различных органических соединений с последующим количественным определением гравиметрическим методом. По формуле рассчитывали массовую долю нефтепродуктов в каждом образце почвы:

$$M = \frac{H_{\phi} * 1000}{P}, \quad (1)$$

где H_{ϕ} – количество нефтепродуктов (найденное), в мг; P – взятая навеска почвы для анализа, в граммах.

Для проверки приемлемости измерений определяли среднее значение по результату параллельного определения массовой доли нефтепродуктов:

$$M_d = \frac{M_1 + M_2}{2}, \quad (2)$$

где M_1 и M_2 – арифметическое значение результатов двух определений.

С целью дальнейшего сравнения результатов анализ грунта на содержание нефти и нефтепродуктов проводили фотоколориметрическим методом на приборе «Эксперт-003», длина волны светофильтра которого составляет 470 нм. При помощи тест-систем МЭТ определялось начальное и остаточное содержание нефтепродуктов в почве после ее контакта с природными сорбентами (мг/кг).

До настоящего времени предельно допустимую концентрацию в почве нефтепродуктов не представляется возможным обосновать, так как некоторые соединения, входящие в состав загрязненной почвы, являются обязательными компонентами.

В лабораторных условиях подготовка проб осуществлялась следующим образом: на поверхности каждого загрязненного почвенного образца массой 500 г равномерным слоем распределяли по одному из сорбентов и выдерживали в течение 1, 4, 7, 10 суток. Затем сорбент удаляли, а нефтепродукты экстрагировали органическим растворителем (гексаном). Полученную почвенную суспензию отфильтровывали на бумажном фильтре, в дальнейшем фильтрат отправляли на химический анализ с целью определения остаточной концентрации нефтепродукта в почве.

Результаты и обсуждение. На основании проведенных исследований в таблице 1 представлены данные по определению поглотительных свойств выбранных минералов: активированного угля, цеолита и вермикулита, на светло-каштановых почвах Волгоградской области.

Таблица 1 – Содержание нефтепродуктов в почве по дням

Table 1 – Content of petroleum products in the soil by day

Наименование сорбента / Name of the sorbent	Содержание нефтепродуктов в почве по дням, (мг/кг) / Content of petroleum products in the soil by day, mg / kg			
	1	4	7	10
Вермикулит / Vermiculite	167	116	107	110
Природный цеолит / Natural zeolite	165	82	46	41
Активированный уголь / Activated carbon	162	88	54	58

Из анализа приведенных данных таблицы 1, очевидно, что результаты в образцах в разные периоды исследований отличаются. Более высокую степень извлечения нефтяных поллютантов продемонстрировал природный цеолит. Как видно из таблицы, по прошествии 7 дней во всех представленных образцах происходила сорбция нефтепродуктов, а после 10 дня наблюдений вермикулит и активированный уголь стали не поглощать, а даже отдавать некоторое количество нефтепродуктов.

Рисунок 2 наглядно демонстрирует динамику извлечения загрязнителя природными сорбентами. Увлажнение каждого из образцов почвы в некоторой степени усиливало процесс десорбции.

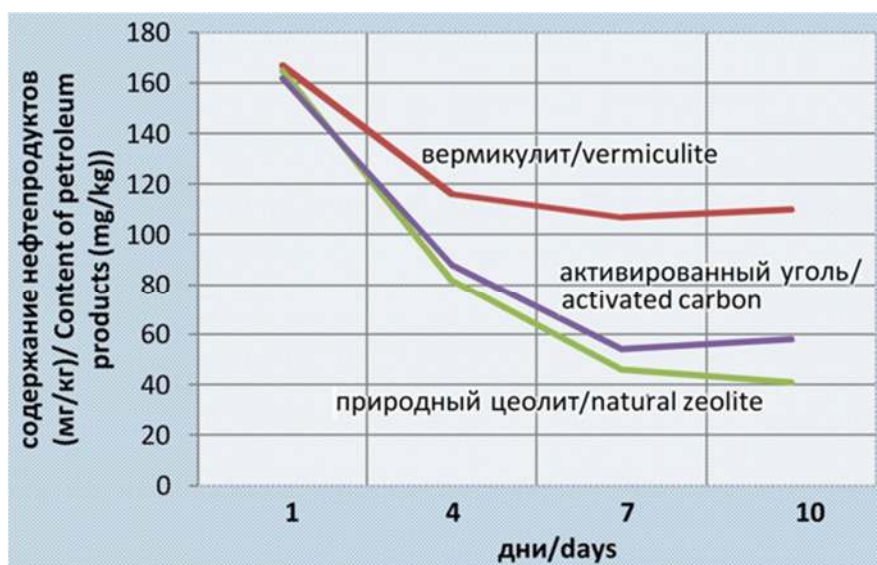


Рисунок 2 – Динамика снижения нефтепродуктов в почве при внесении различных природных сорбентов

Figure 2 – Dynamics of reduction of petroleum products in the soil when applying various natural sorbents

При внесении в почву, как видно из проведенных многократных опытов, все исследуемые мелиоранты способны с достаточно высокой долей эффективности извлекать и поглощать из нее техногенные углеводороды, но только природный цеолит обладает уникальным преимуществом перед другими природными сорбентами – не отдавать все накопленные в порах загрязнители обратно в почву.

Создание комбинированных сорбентов на основе цеолитовых мелиорантов с целью применения в ходе рекультивационных работ при загрязнении почв нефтяными поллютантами считаем особенно перспективными.

С целью определения глубины проникновения нефтяных загрязнителей было проведено исследование, характеризующее их содержание в различных почвенных горизонтах на исследуемом участке, данные были получены различными аналитическими методами (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание нефтепродуктов по горизонтам в почвенном профиле

Table 2 – Content of petroleum products by horizons in the soil profile

Разрез по горизонтам / Horizontal section	Фотоколориметрический метод «Эксперт-003», мг/кг / Photocolorimetric method "Expert-003", mg / kg	Гравиметрический метод, мг/кг / Gravimetric method, mg / kg	Расхождение, % от «Эксперт-003» / Discrepancy, % from «Expert-003»
Плодородный слой, А – 1 / Fertile layer, A – 1	189,4	162,3	14,3
Разрез А – 2 / Section A – 2	67,8	59,5	12,2
Разрез А – 3/Section A – 3	56,3	51,2	9,05
Плодородный слой, В – 1 / Fertile layer , B – 1	187,1	166,2	12,17
Разрез В – 2/Section B – 2	64,3	62,9	13,17
Разрез В – 3/Section B – 3	58,1	53,4	13,03

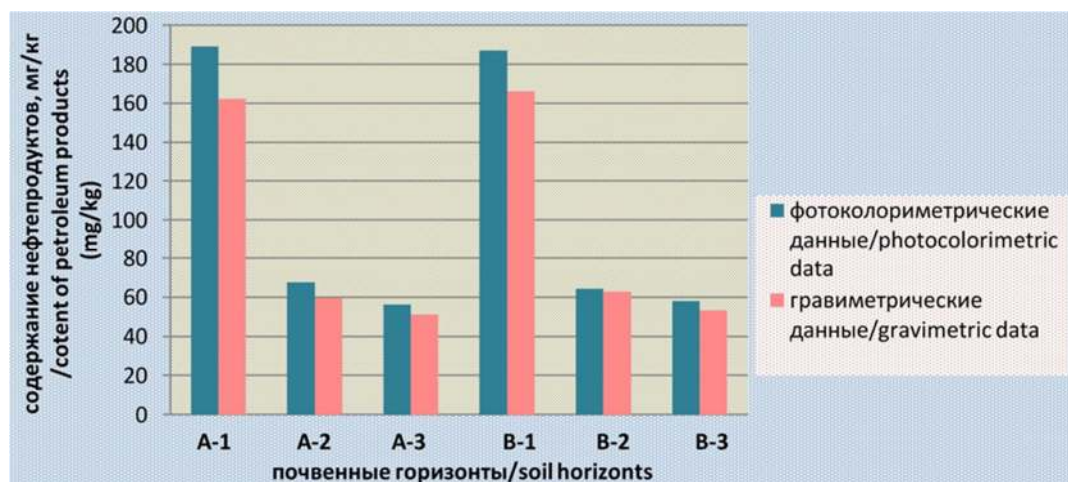


Рисунок 3 – Сравнение данных содержания нефтепродуктов по горизонтам в почвенном профиле определенных фотоколориметрическим и гравиметрическим методами

Figure 3 – Comparison of data on the content of petroleum products by horizons in the soil profile determined by photocolorimetric and gravimetric methods

По данным таблицы 2 и рисунка 3 можно сделать вывод, что в одном и том же образце содержание нефтепродуктов отличается в зависимости от выбранного метода проведения исследований. При определении содержания нефтепродуктов, расхождения в среднем составили в первом варианте – 11,85 %, а во втором – 12,79 %.

Результаты исследований доказывают, что нефтепродукты, попадая в почву, способны передвигаться под действием влияния гравитационных сил как вертикально вниз, так и под действием поверхностных и капиллярных сил в горизонтальном направлении. Установлено, что скорость продвижения нефти в почве напрямую зависит от ее свойств, а также от соотношения состава грунта и нефти, влажности и температуры воздуха и почвы, плотности сложения почвенных горизонтов и т.д. От механического состава почвенного профиля зависит непосредственно глубина проникновения нефтепродуктов.

Таблица 3 – Степень извлечения нефтяных загрязнителей из почвенных проб природными сорбентами

Table 3 – degree of extraction of oil pollutants from soil samples natural sorbents

Дни сорбции / The days of sorption	Степень извлечения нефтяных загрязнителей природными сорбентами по дням, % / Degree of extraction of oil pollutants by natural sorbents by day, %		
	Вермикулит / Vermiculite	Природный цеолит / Natural zeolite	Активированный уголь / Activated carbon
1	4	5	6
4	29	47	43
7	5	21	20
10	-2	3	-2
Итого	36	76	67

Выводы. На основании проведенных исследований считаем, что использование природных мелиорантов для очистки и восстановления техногенно нарушенных в результате загрязнения нефтью и ее продуктами земель вполне оправдано (таблица 3).

Стоит отметить, что доля извлечения нефтепродуктов из почвы при помощи вермикулита составила 36 %, цеолита – 76 %, активированного угля – 67 %, однако исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что использование природного цеолита способствует не только более качественной сорбции, но и позволяет удерживать накопленный сорбат в порах минерала продолжительный период времени, не допуская десорбции загрязняющих веществ.

Библиографический список

1. Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Денисова М. А. Исследование сорбционных свойств сорбентов с использованием ферритовых реагентов при очистке сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №1 (53). С. 242-249.
2. Булуктаев А. А., Саганджиев Л. Х., Дорджиева Ц. Д. Изменение эколого-биологических свойств светло-каштановых почв Калмыкии при загрязнении нефтепродуктами // Известия Саратовского университета. 2013. Т. 13. № 1. С. 102-107.
3. Комаров В. С., Бесараб С. В. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры. М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2014. 203 с.
4. Морозкина Е. В. Природные сорбенты. Структура и свойства: монография. Саарбрюккен: LAP LAMBERT, 2013. 124 с.
5. Природные сорбенты технологиях ремедиации / Д. В. Ульрих, М. Н. Брюхов, Г. О. Жбанов., С. С. Тимофеева, С. Е. Денисов // Вода: химия и экология. 2014. Т. 69. № 3. С. 96-100.
6. Цеолиты и мезопористые материалы: достижения и перспективы: тезисы докладов VIII Всероссийской цеолитной конференции / сост.: Л. И. Родионова. М.: Некоммерческое партнерство «Национальное цеолитное объединение», 2018. 219 с.
7. Цомбуева Б. В., Горяшкиева З. В., Щербакова Л. Ф. Метод очистки почвы от нефтяного загрязнения с помощью природных сорбентов // Вестник ВолГУ. Сер. 9. Естественные науки. 2017. Т. 7. № 2. С. 19-25.
8. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva, T. I. Burmistrova, N. M. Trunova, L. B. Naumova, L. P. Shilyaeva // Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences. 2017. No. 33. P. 85-91.
9. Bochkarev G. R., Pushkareva G. I. On a new natural sorbent for the extraction of metals from aqueous media Physical and technical problems of mining, 1988. V. 4. P. 46-51.
10. Knust Kumasi Effects of gasoline-contamination on geotechnical properties of clayey soil Ghana // Faculty of Engineering, Tanta, Egypt. 5AYGEC, 2016.

11. Wastewater preparation for irrigation based on the sorption filtering technology / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, M. A. Denisova, M. P. Meshcheryakov, O. V. Bocharnikova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci, 2020. 488 012056.

12. Zabbey N., Sam K., Onyebuchi A. T. View Correspondence (jump link) Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria: prospects and challenges(Review). Science of the Total Environment, 2017. V. 586. P. 952-965.

Conclusions. Based on our research, we believe that the use of natural ameliorants for cleaning and restoring technogenically disturbed lands as a result of oil and its products pollution is justified, however, the use of natural zeolite contributes not only to better sorption, but also allows you to keep the accumulated sorbate in the mineral pores for a long period of time, preventing reverse sorption of pollutants.

Reference

1. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Denisova M. A. Investigation of sorption properties of sorbents using ferrite reagents in wastewater treatment // Izvestiya nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2019. № 1 (53). P. 242-249.

2. Buluktaev A. A., Sagandjiev L. H., Dorjiev Ts. D. Changes in the ecological and biological properties of light chestnut soils of Kalmykia when polluted with oil products // Izvestiya Saratovskogo universiteta. 2013. Vol. 13. No. 1. P. 102-107.

3. Komarov V. S., Besarab S. V. Adsorbents and carriers of catalysts. Scientific bases of regulation of porous structure. M.: LLC "Scientific publishing center INFRA-M", 2014. 203 p.

4. Morozkina E. V. Natural sorbents. Structure and properties: monograph. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2013. 124 p.

5. Natural sorbents in remediation technologies / D. V. Ulrich, M. N. Bryukhov, G. O. Zhbanov, S. S. Timofeeva, S. E. Denisov // Water: chemistry and ecology. 2014. Vol. 69. No. 3. Pp. 96-100.

6. Zeolites and mesoporous materials: achievements and prospects: abstracts of the VIII all-Russian zeolite conference / compiled by L. I. Rodionova. M.: non-profit partnership "National zeolite Association", 2018. 219 p.

7. Tsombueva B. V., Goryashkieva Z. V., Shcherbakova L. F. Method of cleaning the soil from oil pollution using natural sorbents // Vestnik Volgu. Ser. 9. Natural Sciences. 2017. Vol. 7. No. 2. P. 19-25.

8. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva, T. I. Burmistrova, N. M. Trunova, L. B. Naumova, L. P. Shilyaeva // Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences. 2017. No. 33. P. 85-91.

9. Bochkarev G. R., Pushkareva G. I. On a new natural sorbent for the extraction of metals from aqueous media Physical and technical problems of mining, 1988. V. 4. P. 46-51.

10. Knust Kumasi Effects of gasoline-contamination on geotechnical properties of clayey soil Ghana // Faculty of Engineering, Tanta, Egypt. 5AYGEC, 2016.

11. Wastewater preparation for irrigation based on the sorption filtering technology / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, M. A. Denisova, M. P. Meshcheryakov, O. V. Bocharnikova // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci, 2020. 488 012056.

12. Zabbey N., Sam K., Onyebuchi A. T. View Correspondence (jump link) Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria: prospects and challenges(Review). Science of the Total Environment, 2017. V. 586. P. 952-965.

Информация об авторах

Мещерякова Елена Геннадьевна, ассистент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: ale-sn@yandex.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», председатель Научно-технического совета, проректор по стратегическому развитию и цифровизации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Мещеряков Максим Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: maks-sln@yandex.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, Ученый секретарь диссертационного совета по сельскохозяйственным наукам, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-26

THE ROLE OF FOREST PLANTATIONS IN ENSURING STABILITY OF THE VOLGA BASIN

V.G. Yuferev, N.A. Tkachenko, O.Yu. Kosheleva

Federal State Budget Scientific Institution

*«Federal Scientific Centre for Agroecology, Complex Melioration and protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

Received 17.02.2020

Submitted 12.07.2020

Summary

The amelioration role of the protective forest plantations in watershed is to prevent or significantly reduce of the negative action of slope flow. The problem of rational use of fresh water in conditions of its extreme scarcity sets the task of the preventing its pollution as a result of anthropogenic act on sources and river basins. In connection with, it became necessary to prevent pollutants from entering watercourses when using forest-amelioration biological methods, the task of protecting watershed and cleaning drains is achieved, while increasing the stability of slope lands.

Abstract

Introduction. The problem of pollution of the fresh water sources by diffusive washout products formed as a result of the anthropogenic action poses an urgent task for the researchers to prevent the flow of pollutants into watercourses. The use of effective, environmentally friendly methods of the forest amelioration for the biological protection of provides for the relief and treatment of runoff. In addition, forest-amelioration plantations form the ecological framework of the territory, preventing the negative consequences of technogenic actions. **Object.** The object of research was forest plantations located in the water protection zone that directly perform protective functions for a water body. To perform protective functions, the following categories of water protection forest plants have been developed: water flow increasing, condensing, water flow cleaning, snow retaining, water flow intercepting, infiltration and evaporation. **Materials and methods.** Systems of the forest plantations are a bio-ecological converter that provides the conditions for the formation of new ecosystems. Forest plantations have an action on the surrounding areas. They contribute to the formation of new microclimatic conditions for the functioning of agro-landscapes. A decrease in direct solar radiation illumination by up to 90% and an increase in the relative humidity of the air by up to 22% were found, which creates conditions for increasing the biodiversity of landscapes. **Results.** As a result of the study, it was found that in the conditions of watersheds, forest plantations perform a complex task to protect the territory from the action of natural and anthropogenic factors that cause soil degradation. Adaptive landscape arrangement of watershed with the help of completed forest amelioration systems ensures that they

fully perform their protective functions to prevent degradation of landscapes in watershed and prevent the removal of washout products to the river network. **Conclusions.** The greatest effectiveness of forest plantations is provided by the creation of special protective forest systems that contribute to the formation of landscapes that are resistant to adverse factors.

Keywords: forest amelioration, water protection forest plantations, water flow, washout, soil erosion, river basin.

Citation. Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Kosheleva O.Yu. The role of forest plantations in ensuring stability of the Volga basin. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 248-257 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-26.

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

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

УДК 631.6.02:556:634.0.93

РОЛЬ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

В. Г. Юферев, доктор сельскохозяйственных наук

Н. А. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук

О. Ю. Кошелева, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 17.02.2020

Дата принятия к печати 12.07.2020

Актуальность. Проблема загрязнения источников пресной воды продуктами диффузионного смыва, образующимися в результате антропогенного воздействия, ставит перед исследователями актуальную задачу предотвращения стока загрязнителей в водотоки. Использование эффективных, экологически чистых методов лесомелиорации для биологической защиты водосборов обеспечивает купирование и очистку стоков. Кроме того, лесомелиоративные насаждения формируют экологический каркас территории, предотвращая негативные последствия техногенного воздействия. **Объект.** Объектом исследований являлись лесные насаждения, размещаемые в водоохранной зоне, непосредственно выполняющие защитные функции для водного объекта. Для выполнения защитных функций разработаны следующие категории водоохранных лесных насаждений: стокоувеличивающие, конденсирующие, стокоочищающие, снегозадерживающие, стокоперехватывающие, инфильтрационные и испарительные. **Материалы и методы.** Системы лесных насаждений являются биоэкологическим преобразователем, обеспечивающим условия для образования новых экосистем. Лесные насаждения оказывают влияние на прилегающие территории. Они способствуют формированию новых микроклиматических условий для функционирования агроландшафтов. Установлено снижение освещенности прямой солнечной радиацией до 90 %, увеличение относительной влажности воздуха различия до 22 %, что создает условия повышения биоразнообразия ландшафтов. **Результаты.** В результате исследования установлено, что в условиях водосборных бассейнов лесные насаждения выполняют комплексную задачу по защите территории от воздействия природных и антропогенных факторов, вызывающих деградацию почв. Адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов при помощи завершенных лесомелиоративных систем обеспечивает полное выполнение ими защитных функций по предотвращению деградации ландшафтов на водосборах и предотвращению выноса в речную сеть продуктов смыва. **Выводы.** Наибольшая эффективность лесных насаждений обеспечивается созданием специальных защитных лесных систем, способствующих образованию ландшафтов, устойчивых к воздействию неблагоприятных факторов.

Ключевые слова: лесомелиорация, водоохраные лесные насаждения, стокорегулирующие лесные насаждения, эрозия почв.

Цитирование. Юферев В. Г., Ткаченко Н. А., Кошелева О. Ю. Роль лесных насаждений в обеспечении устойчивости Волжского бассейна. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 248-257. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-26.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиоративная роль стокорегулирующих, прибалочных, приовражных, балочных, овражных и водоохраных защитных лесных насаждений состоит в предотвращении или в значительном снижении негативного воздействия склонового стока. Лесные насаждения существенно влияют на величину смыва и уровень загрязнения продуктами выноса притоков и основных водотоков гидрографической сети. При стоке воды и смыве почвы с пашни выносятся от 10 до 30 % вносимых удобрений и химических средств, что вызывает ухудшение общего состояния агроландшафтов. Принятие и оптимизация решений, нацеленных на проведение мероприятий по поддержанию устойчивости водосборных бассейнов невозможно без объективной функциональной роли лесных насаждений, выполняющих функцию защиты водосборов от деградации, в том числе смыва плодородного слоя почвы и выноса продуктов смыва в гидрографическую сеть. Решить поставленную задачу дает возможность определения защитных функций лесных насаждений с использованием геоинформационных систем (ГИС), базирующихся на них геоинформационных технологиях современного уровня и передовых методов пространственного анализа и обработки данных дистанционного зондирования Земли [4, 6]. В настоящее время проблема рационального использования пресной воды в условиях ее экстремального дефицита ставит задачу предотвращения ее загрязнения в результате антропогенного воздействия на источники и бассейны рек. Необходимо обеспечить предотвращение попадания загрязнителей в водоемы с использованием лесомелиоративных биологических методов защиты водосборов и очистки стоков, которые формируют экологический каркас территории, предотвращая негативные последствия инженерных решений, например, по строительству прудов-накопителей [1, 13]. Лесные насаждения, расположенные в водоохраной зоне, непосредственно выполняют защитные функции для водного объекта. Мелиоративная роль защитных лесных насаждений обусловлена аккумулятивным влиянием биологического материала лесных насаждений, а также трансформацией ландшафтных условий в период их функционирования.

В поймах рек и в целом на водосборном бассейне насаждения обеспечивают существенное снижение или перераспределение стока, предохраняют почву от водной и ветровой эрозии, укрепляют берега рек, водоемов, оврагов, эродлируемых склонов. На речных водосборах лесные насаждения всех видов обеспечивают сокращение поверхностного стока, предотвращают или значительно уменьшают эрозию почвы и вынос химических загрязнителей, обеспечивая снижение общего уровня загрязнения водоемов, улучшая биоэкологические условия.

Материалы и методы. Эколого-мелиоративная роль лесных насаждений многофункциональна. Любое лесное насаждение любого типа одновременно выполняет несколько функций: защищает почву от водной и ветровой эрозии, перераспределяет сток и переводит его в подземный, защищает водотоки от загрязнений, выполняет ре-

креационные функции. Такие специализированные типы защитных лесных насаждений, как придорожные, прибалочные, водоохранные оказывают мелиоративное влияние на прилегающие агроландшафты.

Защитные лесные насаждения по назначению принято разделять на 2 группы [1]:

1. Искусственные лесные и фитомелиоративные насаждения для защиты почв на землях сельскохозяйственного назначения, которые выполняют функцию сохранения плодородия почвы, обеспечивая при этом повышение продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур.

2. Специальные естественные и искусственные лесные насаждения, расположенные на землях иного назначения (земли лесного и водного фонда, земли промышленности и транспорта, городских и сельских администраций, земли запаса, природоохранного и рекреационного назначения). Они обеспечивают защиту хозяйственных объектов и земель от воздействия природных и антропогенных факторов. Существуют следующие категории водоохранных лесных насаждений: стокоувеличивающие, конденсирующие, стокоочищающие, снегозадерживающие, стокоперехватывающие, инфильтрационные и испарительные.

Защитные лесные насаждения в экологическом каркасе территории представлены различными видами: полевые защитные ветроломные и стокорегулирующие и водоохранные лесные полосы, противозерозионные инженерно-биологические системы, Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП), насаждения вдоль путей транспорта, вокруг населенных пунктов и другие, более специализированные, виды насаждений (рисунок 1).

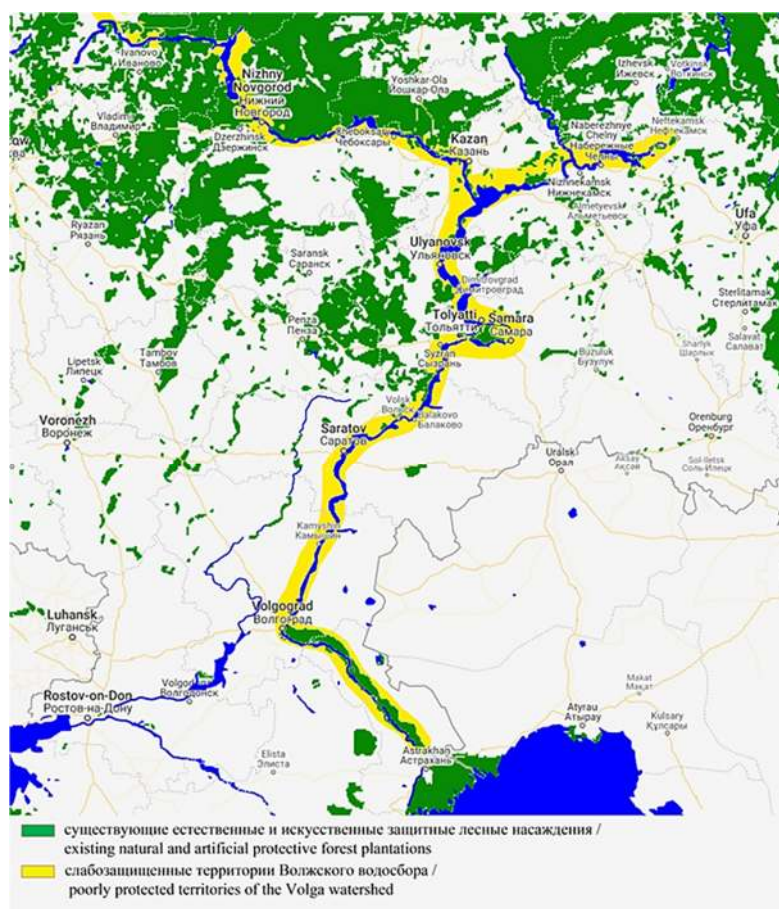


Рисунок 1 – Схема защищенности Волжского бассейна лесными насаждениями

Figure 1 – The scheme of protection of the Volga basin by forest plantations

Дифференциация лесных насаждений по видам достаточно условна и определяет их основную функцию.

Лесные насаждения речных водосборов выполняют защитную функцию по предотвращению загрязнения водотоков от биогенного заражения, в частности, от загрязнения отходами животноводческих комплексов.

Санитарно-защитные функции лесных насаждений заключаются в предотвращении выноса загрязнителей за пределы санитарно-защитных зон предприятий различного класса опасности, уменьшении количества и концентрации загрязнителей в воздухе среды защищенных ландшафтов.

Системы лесных насаждений являются биоэкологическим преобразователем, обеспечивающим условия для образования новых экосистем. Лесные насаждения оказывают влияние на прилегающие территории. Они способствуют формированию новых микроклиматических условий для функционирования агроландшафтов [3, 7, 11]. Установлено снижение освещенности прямой солнечной радиацией до 90 %, увеличение относительной влажности воздуха различия до 22 %, что создает условия повышения биоразнообразия ландшафтов.

А.В. Побединский [8] определил зависимость гидрологической роли лесных насаждений от количества осадков. Лесные насаждения перераспределяют осадки, задерживая частично листвой и живым напочвенным покровом, частично влага испаряется, частично попадает на почву и проникает в нее.

Влияние защитных лесных насаждения на почву проявляется в результате комплексного влияния корней деревьев и опада на ее структуру. В результате повышается порозность и водопроницаемость. В лесных насаждениях накапливается больше снега, чем на открытых пространствах, тем более что снег ложится на лесную подстилку, что приводит к уменьшению промерзания почвы. Вследствие меньшего промерзания создаются условия для поглощения талой воды.

Таким образом, защита водосборов с использованием лесных насаждений способствует улучшению локальных климатических условий и водно-физических свойств почв на водосборах, предотвращает загрязнение воды, обеспечивает подземный сток переводом поверхностного стока в подземный, предотвращает разрушение берегов, аккумулирует наносы, улучшает кислородный режим воды в реках, тем самым обеспечивая развитие водных экосистем. Кроме того, лесные насаждения в сухостепной и полупустынной зоне европейской части России ограничивают воздушные потоки в приземном слое, снижая их скорость, способствуют конвективному обмену.

Результаты и обсуждение. Наибольшая мелиоративная эффективность лесных насаждений достигается при оптимальном размещении их на защищаемой территории. При этом должен соблюдаться принцип завершенности системы, а сами лесные насаждения иметь необходимые для выполнения защитных функций параметры. Особенно это касается их конструкции, рядности и породного состава. Исходя из параметров рельефа каждого конкретного водосбора должна быть разработана завершенная лесомелиоративная система, включающая совокупность защитных лесных насаждений всех типов, размещенных с учетом требований адаптивно-ландшафтного обустройства водосборов.

Адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов при помощи завершенных лесомелиоративных систем обеспечивает полное выполнение ими защитных функций по предотвращению деградации ландшафтов на водосборах и предотвращению выноса в речную сеть продуктов смыва [2, 9, 14, 15].

Адаптивно-ландшафтное обустройство водосбора связано, в первую очередь, с особенностями его ландшафта. Основные характеристики для территорий с низкой лесистостью бассейна Волги представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Лесистость аридных территорий бассейна р. Волга

Table 1 – Afforestation of the arid territories of the Volga river basin

Субъект / Region	Лесистость, % / afforestation, %	
	Существующая / Exist	Рекомендуемая / Recommend
Астраханская область / Astrakhan region	2	7
Волгоградская область / Volgograd region	4	15
Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	<1	5
Оренбургская область / Orenburg region	4	15
Орловская область / Oryol Region	8	15
Пензенская область / Penza region	21	26
Самарская область / Samara region	13	20
Саратовская область / Saratov region	5	15
Тамбовская область / Tambov region	11	19
Республика Татарстан / Republic of Tatarstan	16	25
Тульская область / Tula region	13	15

Лесные насаждения бассейна Волги занимают площадь более 80 млн га. К водоохраным и защитным лесам относят лесные насаждения на площади около 20 млн га. Средняя лесистость водосбора около 35 %, однако лесистость зависит от природно-климатической зоны региона, например, в Астраханской области она составляет около 2 %, в Тверской области – 55 % (рисунок 2).

По данным Г. С. Розенберга [10], средняя лесистость территории Волжского бассейна в начале XVIII века была более 54 %, а к началу XXI века она снизилась до 31 %. В таблице 2 представлено изменение лесистости территорий бассейна Волги к началу XXI века. Особенно необходимо отметить резкое, более чем в 4 раза, снижение площадей, занятых лесом, в республике Татарстан.

Таблица 2 – Снижение лесистости территорий Волжского бассейна за период с XVIII века по начало XXI века

Table 2 – Decrease of afforestation of territories of the Volga basin during the period from the XVIII century to the beginning of the XXI century

Субъект / Region	Лесистость / Afforestation, %	
	XVIII	XXI
Тульская область / Tula region	24	12
Пензенская область / Penza region	42	20
Республика Татарстан / Republic of Tatarstan	71	16
Самарская область / Samara Region	34	12
Саратовская область / Saratov region	13	5
Волгоградская область / Volgograd region	9	4

Неравномерная лесистость территории часто является следствием концентрации промышленного производства в хвойно-широколиственном лесном районе и незавершенности систем защитных лесных насаждений в лесостепном и степном лесных районах европейской части страны [5]. Например, в Башкортостане и в Ульяновской области процесс деградации лесов настолько интенсивен, что лесистость здесь снизилась практически до уровня лесостепи.

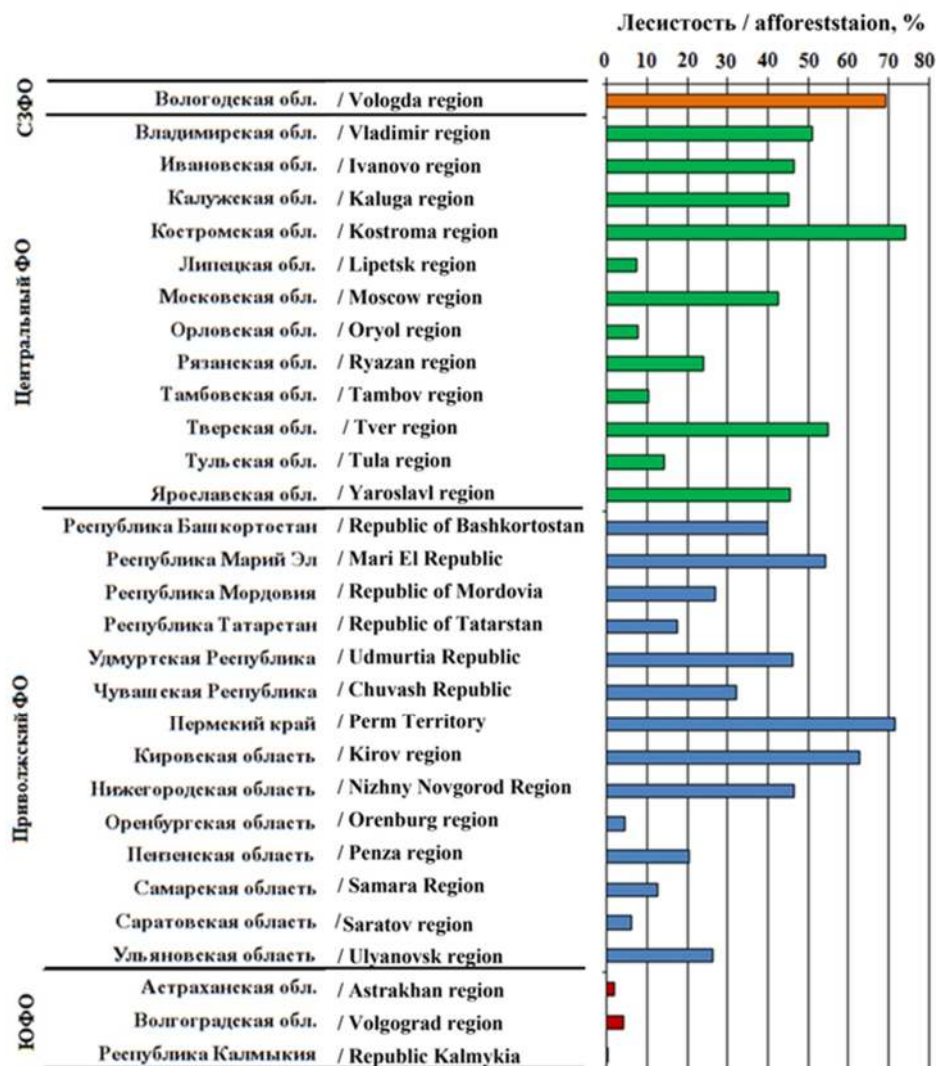


Рисунок 2 – Лесистость территории субъектов России Волжского бассейна

Figure 2 – Afforestation of the of Russian regions of the Volga basin

К началу XXI века резко уменьшился объем работ по лесомелиорации бассейна Волги. Только с 1992 по 2008 гг. (рисунок 3) уменьшение составило около 70 % [12].

В целом можно сделать вывод о том, что лесистость бассейна реки Волги зависит как от природно-климатических условий, так и от экономического развития регионов и, что особенно важно, практически во всех регионах ситуация ухудшается. Наиболее эффективно защитная роль лесных насаждений проявляется при системности их формирования на основе оптимальной структуры системы.

На современном этапе назрела необходимость разработки мероприятий по сохранению и формированию на всей территории Волжского бассейна таких природных ландшафтов, которые выполняли бы роль естественных регуляторов условий функционирования биосферы (создание экологической основы речного бассейна). Важно определить зоны экологического бедствия с нарушенными ландшафтами и деградирующими лесными системами. Разрабатываемые мероприятия должны быть ориентированы на предотвращение деградации лесных экосистем и ликвидацию результатов последствий негативного воздействия природных и антропогенных факторов.

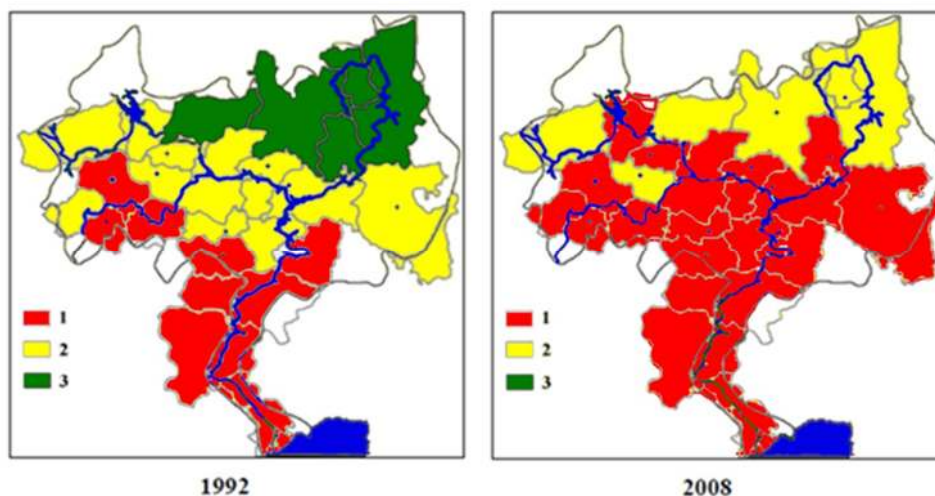


Рисунок 3 – Лесовосстановление в Волжском бассейне, га/км²
(1 – до 0,14; 2 – 0,14-0,28; 3 – 0,28-0,42)

Figure 3 – Reforestation in the Volga basin, ha / km² (1 – up to 0,14; 2 – 0,14-0,28; 3 – 0,28-0,42)

Выводы. В результате исследования установлено, что в условиях водосборных бассейнов лесные насаждения выполняют комплексную задачу по защите их территории от воздействия природных и антропогенных факторов, вызывающих деградацию почв, предотвращают вынос загрязнителей в гидрографическую сеть, уменьшают количество донных отложений за счет снижения талого и дождевого стока, вызывающих плоскостной смыв верхнего слоя почвы с полей, предотвращают линейную эрозию склонов, регулируют поглощение воды, переводя наземный сток в подземный. Они обеспечивают закрепление склонов балок и оврагов за счет армирования их корневой системой. Наибольшая эффективность лесных насаждений обеспечивается созданием специальных противоэрозионных, водоохранных и стокорегулирующих защитных лесных систем, способствующих образованию устойчивых к воздействию неблагоприятных факторов ландшафтов в условиях интенсивного использования территорий Волжского бассейна для ведения хозяйственной деятельности. Для предотвращения разрушения экосистем и деградации речных бассейнов необходимо разработать систему мер, направленных на создания высокоэффективных биологических способов их защиты. Важнейшим из них является научно обоснованная лесомелиоративная система, обеспечивающая высокое качество функционирования водосбора.

Библиографический список

1. Агролесомелиорация / под ред. академиков РАСХН А. Л. Иванова и К. Н. Кулика. Изд. 5-е, перераб. и доп. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Барабанов А. Т. Научные основы противоэрозионной мелиорации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 23-30.
3. Ерусалимский В. И., Рожков В. А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень почвенного института им. В. В. Докучаева. 2017. №88. С. 121-137. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137
4. Кошелева О. Ю. Роль картографирования лесистости в системе адаптивно-ландшафтного обустройства водосборов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2015. №1 (11). С. 95-102. DOI: 10.15688/jvolsu11.2015.1.10
5. Критерии состояния и эффективности стокорегулирующих и водоохранных насаждений речных бассейнов / В. Г. Юферев [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2019. 100 с.

6. Кулик К. Н., Кошелев А. В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал. 2017. №3 (27). С. 107-114. DOI: https://doi.org/10.12737/article_59c22527885b57.91268039
7. Кулик К. Н., Рулев А. С., Ткаченко Н. А. Изменения климата и агролесомелиорация // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 58-67.
8. Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 208 с.
9. Рыбакова Н. А. Оценка водоохраной роли агролесомелиоративных насаждений Европейской лесостепи // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 28. №5. С. 5-20. DOI: 10.21513/0207-2564-2017-5-5-20
10. Формирование экологической ситуации и пути достижения устойчивого развития Волжского бассейна / Г. С. Розенберг [и др.] // Региональная экология. 2016. № 1 (43). С. 15-27.
11. Харченко Н. Н., Михина В. В. Роль защитных насаждений в улучшении экологических условий ландшафтов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2019. Т. 7. № 3 (46). С. 310-313.
12. Чеканышкин А. С., Лепехин А. А. Состояние защитного лесоразведения в Центрально-Черноземной зоне // Лесной журнал. 2015. № 4. С. 9-17.
13. Actions of forest restoration on soil erosion in the Three Gorges Reservoir area, China / Mingjun Teng, Chunbo Huang, Pengcheng Wang, Lixiong Zeng, Zhixiang Zhou, Wenfa Xiao, Zhilin Huang, Changfu Liu // Science of The Total Environment. – 2019. Volume 697. P. 134-164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134164>
14. Characterization of runoff and sediment associated with rill erosion in sloping farmland during the maize-growing season based on rescaled range and wavelet analyses / J. Luo, Z. Zheng, T. Li, S. He, Y. Wang, X. Zhang, T. Liu // Soil and Tillage Research. 2019. № 195. DOI:10.1016/j.still.2019.104359
15. Relative influence of forest and cropland on fluvial transport of soil organic carbon and nitrogen in the Nen River basin, northeastern China / Sen Wang, Xiaoyuan Wang, Bin He, Wenping Yuan // Journal of Hydrology. 2020. Volume 582. 124526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124526>

Conclusions. The study found that in condition of watershed basing forest plantations perform the complex task of protecting their territory from the effects of natural and anthropogenic factors that cause soil degradation, prevents the pollutants from entering the hydrographic network, reduce the amount of sediment due to the decrease in snowmelt and rain water flow, causing the plane washout topsoil from the fields, to prevent linear erosion of slopes and regulate water absorption, convert ground water flow to the underground. They provide protection of the slopes of beams and ravines by reinforcing them with the root system. The greatest effectiveness of forest plantations is provided by the creation of special anti-erosion, water protection and flow-regulating protective forest systems that contribute to the formation of landscapes resistant to adverse factors in the conditions of intensive use of the territories of the Volga basin for economic activities. To prevent the destruction of ecosystems and degradation of river basins, it is necessary to develop a system of measures aimed at creating highly effective biological ways to protect them. The most important of them is a scientifically based forest reclamation system that ensures high - quality functioning of the catchment area.

Reference

1. Agrolesomeliорaciya / pod red. akademikov RASXN A. L. Ivanova i K. N. Kulika. Izd. 5-e, pererab. i dop. Volgograd: VNIALMI, 2006. 746 p.
2. Barabanov A. T. Nauchnye osnovy protivorozionnoj melioracii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2 (50). P. 23-30.
3. Erusalimskij V. I., Rozhkov V. A. Mnogofunkcional'naya rol' zaschitnyh lesnyh nasa-zhdenij // Byulleten' pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva. 2017. №88. P. 121-137. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137.

4. Kosheleva O. Yu. Rol' kartografirovaniya lesistosti v sisteme adaptivno-landshaftnogo obustroystva vodosborov // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki. 2015. №1 (11). P. 95-102. DOI: 10.15688/jvolsu11.2015.1.10
5. Kriterii sostoyaniya i Jefferktivnosti stokoreguliruyuschih i vodoohrannyh nasazhdenij rechnykh bassejnov / V. G. Yuferev [i dr.]. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2019. 100 p.
6. Kulik K. N., Koshelev A. V. Metodicheskaya osnova agrolesomeliativnoj ocenki zaschitnykh lesnykh nasazhdenij po dannym distancionnogo monitoringa // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2017. №3 (27). P. 107-114. DOI: https://doi.org/10.12737/article_59c22527885b57.91268039
7. Kulik K. N., Rulev A. S., Tkachenko N. A. Izmeneniya klimata i agrolesomeliaciya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 2 (46). P. 58-67.
8. Pobedinskij A. V. Vodoohrannaya i pochvozaschitnaya rol' lesov. Push-kino: VNIILM, 2013. 208 p.
9. Rybakova N. A. Ocenka vodoohranoy roli agrolesomeliativnykh nasazhdenij Evropejskoj lesostepi // Problemy jekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya jekosistem. 2017. T. 28. №5. P. 5-20. DOI: 10.21513/0207-2564-2017-5-5-20
10. Formirovanie jekologicheskoy situacii i puti dostizheniya ustojchivogo razvitiya Volzhskogo bassejna / G. S. Rozenberg [i dr.] // Regional'naya jekologiya. 2016. № 1 (43). P. 15-27.
11. Harchenko N. N., Mihina V. V. Rol' zaschitnykh nasazhdenij v uluchshe-nii jekologicheskikh uslovij landshaftov // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2019. Vol. 7. № 3 (46). P. 310-313.
12. Chekanyshkin A. S., Lepehin A. A. Sostoyanie zaschitnogo lesorazvedeniya v Central'no-Chernozemnoj zone // Lesnoj zhurnal. 2015. № 4. P. 9-17.
14. Characterization of runoff and sediment associated with rill erosion in sloping farmland during the maize-growing season based on rescaled range and wavelet analyses / J. Luo, Z. Zheng, T. Li, S. He, Y. Wang, X. Zhang, T. Liu // Soil and Tillage Research. 2019. № 195. DOI:10.1016/j.still.2019.104359
15. Relative influence of forest and cropland on fluvial transport of soil organic carbon and nitrogen in the Nen River basin, northeastern China / Sen Wang, Xiaoyuan Wang, Bin He, Wenping Yuan // Journal of Hydrology. 2020. Volume 582. 124526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124526>

Authors Information

Yuferev Valery Grigorievich, principal research scientist – head of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), doctor of agricultural sciences. E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Tkachenko Natalya Aleksandrovna, research associate of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), candidate of agricultural sciences. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4526-5195> E-mail: natulyat@mail.ru

Kosheleva Olga Yuryevna, senior researcher of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), candidate of agricultural sciences. E-mail: olya_ber@mail.ru

Информация об авторах

Юфереv Валерий Григорьевич, главный научный сотрудник – заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук
E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Ткаченко Наталья Александровна, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4526-5195> E-mail: natulyat@mail.ru

Кошелева Ольга Юрьевна, старший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: olya_ber@mail.ru

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-27

ANALYSIS OF THE RAW MATERIAL SUITABILITY OF DAIRY PRODUCTS AND THE QUALITY OF ENRICHED CHEESE PRODUCTS

I.F. Gorlov^{1,2}, M. I. Slozhenkina^{1,2}, S.E. Bozhkova¹, D.S. Belova¹, E. S. Vorontsova³

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Technical University», Volgograd, Russia

²Federal State Budget Scientific Institution «Volga Region Research Institute for the Production
and Processing of Meat and Dairy Products», Volgograd

³Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Дата поступления в редакцию 10.06.2020

Дата принятия к печати 05.09.2020

Summary

The article presents the results of research on the quality indicators of raw milk and the developed cheese product using plant components to enrich its composition - thistle and flax seeds. It was found that due to the introduction of seeds into the recipe of cheese roll, the mass fraction of protein increases by 0.3%, fat in the dry substance by 2.6%, and the mass fraction of moisture decreased by 2%. The decrease in the mass fraction of moisture favorably affected the storage capacity of the product in comparison with the control sample.

Abstract

Introduction. The imbalance in the diet today is a problem for every second person in Russia. According to the latest scientific research, every year the consumption of animal products by people decreases everywhere, as a result, the amount of nutrients they consume decreases, which subsequently affects negatively health and life expectancy. Therefore, the need for chemically balanced food products is only growing.

Materials and methods. The objects of research are raw milk, taken as a result of scientific and economic experiments from Holstein cows of Australian selection, as well as products from it - cheese roll with milk thistle and flax seeds (experimental) and without seeds (control) were subjected to organoleptic and physical co-chemical analysis in the laboratory of the Department of Food Production Technology of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Technical University» and in the integrated analytical laboratory of the Federal State Budget Scientific Institution «Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products». **Results and Conclusions.** The article presents the results of research on the quality parameters of raw milk and the developed cheese product. According to the research results, the use of plant components introduced into the product to enrich its composition - milk thistle and flax seeds - is advisable. The optimal concentration of plant components in the product was revealed, at which the organoleptic characteristics of the cheese roll are improved: 2% of the cheese base of flax seeds and 5% of the cheese base of ground milk thistle seeds. Also, according to the research results, it was revealed that due to the introduction of the cheese roll of seeds into the recipe, the mass fraction of protein increases by 0.3%, fat in dry matter by 2.6%, and the mass fraction of moisture decreased by 2%. A decrease in the mass fraction of moisture favorably affected the storage capacity of the product in comparison with the control sample. Among other things, the content of heavy metals was determined in the product developed according to the developed recipe, the concentration of which did not exceed the maximum permissible values according to TR CU 021. The studies carried out allowed us to judge the positive effect of plant components on the qualitative and quantitative composition of the developed cheese product.

Key words: cheese, cheese roll, thistle, flax seeds.

Citation. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Bozhkova S.E., Belova D.S., Vorontsova E.S. Analysis of the cheese suitability of raw milk and the quality of fortified cheese products. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 258-267 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-27.

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

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

УДК 637.3.053

АНАЛИЗ СЫРОПРИГОДНОСТИ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ И КАЧЕСТВА ОБОГАЩЁННЫХ СЫРНЫХ ПРОДУКТОВ

И. Ф. Горлов^{1,2}, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
М. И. Сложенкина^{1,2}, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
С. Е. Божкова¹, кандидат биологических наук, доцент
Д. С. Белова¹, магистрант
Е. С. Воронцова³, аспирант

¹Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

²ГНУ Поволжский НИИ мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

³Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 10.06.2020

Дата принятия к печати 05.09.2020

Актуальность. Несбалансированность рациона на сегодняшний день является проблемой каждого второго человека в России. Согласно последним научным исследованиям, с каждым годом потребление продуктов животного происхождения людьми повсеместно снижается, как следствие – снижается и количество потребляемых ими питательных веществ, что впоследствии сказывается негативным образом на здоровье и продолжительности жизни. Поэтому потребность в сбалансированных по химическому составу пищевых продуктах только растет. **Материалы и методы.** Объекты исследований – сырье – молоко сырое, взятое по итогам научно-хозяйственных опытов от коров голштинской породы австралийской селекции, а также продукты из него – сырный рулет с семенами рапсового и льна (экспериментальный) и без семян (контрольный), – подвергались органолептическому и физико-химическому анализу в лаборатории кафедры «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО ВолгГТУ и в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП. **Результаты и выводы.** В статье приведены результаты исследований параметров качества молока-сырья и разработанного сырного продукта. Согласно результатам исследований, использование растительных компонентов, вносимых в состав продукта для обогащения его состава – семян рапсового и льна, – является целесообразным. Была выявлена оптимальная концентрация растительных компонентов в продукте, при которой органолептические показатели сырного рулета улучшаются: 2 % от сырной основы семян льна и 5 % от сырной основы молотых семян рапсового. Также, по результатам исследований выявлено, что благодаря введению в рецептуру сырного рулета семян массовая доля белка увеличивается на 0,3 %, жира в сухом веществе – на 2,6 %, а массовая доля влаги снизилась на 2 %. Снижение массовой доли влаги благоприятно сказалось на хранимости продукта в сравнении с контрольным образцом. Помимо прочего, в продукте, выработанном по разработанной рецептуре, было определено содержание тяжелых металлов, концентрация которых не превысила предельно допустимых значений согласно ТР ТС 021. Проведённые исследования позволили судить о положительном влиянии растительных компонентов на качественный и количественный состав разработанного сырного продукта.

Ключевые слова: производство сыра, сырные продукты, обогащенные сырные продукты, сырные рулеты, растительные добавки, рецептура сырных продуктов, рапсовое, семена льна, сыропригодность молока.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Божкова С. Е., Белова Д. С., Воронцова Е. С. Анализ сыропригодности молочного сырья и качества обогащённых сырных продуктов. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 258-267. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-27.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время наблюдается снижение потребления различными категориями населения продуктов животного происхождения, параллельно с ростом интереса к нездоровой, несбалансированной пище, регулярное употребление которой приводит к нарушению обменных процессов в организме, увеличению вероятности развития анемии, снижению иммунитета [4]. В связи с этим потребность в пищевых продуктах, обладающих сбалансированным составом, с каждым днем только возрастает [5, 8, 11].

Молоко – продукт нормальной физиологической секреции молочных желез самок млекопитающих, полученный в период лактации при доении, без каких-либо добавлений или извлечений каких-либо веществ, богатый кальцием, магнием, калием, натрием, фосфором, хлором и серой, а также фосфатами, цитратами и хлоридами. Молочная продукция в своем составе содержит огромное количество макро- и микроэлементов, незаменимых аминокислот и витаминов. При регулярном употреблении молока укрепляются суставы, ногти и зубы, улучшается качество сна, оказывается положительное влияние на состояние сердца и сосудов. В этом плане сыр, представляющий собой так называемый «концентрат» молока, является даже более полезным продуктом, чем сырье, из которого произведен, но, к сожалению, этот факт не делает состав сыра более сбалансированным, поэтому и существует потребность в корректировке состава.

Обогащение состава пищевых продуктов макро- микроэлементами, витаминами, аминок- и жирными кислотами, а также клетчаткой посредством введения в его состав растительного сырья не ново и повсеместно используется в различных исследованиях [3, 6, 7]. Также, помимо биологической пользы, введение в состав продукта растительных ингредиентов позволяет снизить стоимость продукта и сделать его более доступным для разных слоев населения. Семена расторопши и льна являются весьма перспективным сырьем для этих целей, поскольку содержат в своем составе большое количество Mn, Se, Fe и Zn, недостаток которых в организме и приводит к различным формам анемии, снижению общего иммунитета, нарушениям функций воспроизводства у обоих полов, задержке роста у детей, заболеваниям желудочно-кишечного тракта и др. [9].

Согласно данным BusinesStat, совокупный объем продаж сыров и сырной продукции в России будет расти вплоть до 2021 г. и достигнет 768,1 тыс. т [1]. Следовательно, повышенный спрос на сырную продукцию делает производство сырных продуктов экономически выгодным.

Целью исследования является разработка рецептуры сыра, обогащенного семенами расторопши и льна, а также анализ состава и свойств произведенного продукта.

Задачи исследования: анализ органолептических характеристик, физико-химических показателей, пищевой и биологической ценности продукта.

Материалы и методы. Объекты исследований – сырье – молоко сырое, взятое по итогам научно-хозяйственных опытов от коров голштинской породы австралийской селекции [2, 10], а также продукты из него – сырный рулет с семенами расторопши и льна (экспериментальный) и без семян (контрольный), – подвергались органолептическому и физико-химическому анализу в лаборатории кафедры «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО ВолГТУ и в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП.

Перспективность использования семян расторопши и льна в рецептуре сырного рулета определялась химическим составом растительного сырья. Главным преимуществом является их минеральный состав и гигроскопичность. Семена расторопши и льна содержат большое количество марганца, селена, магния, железа, меди и цинка.

Показатели молока коровьего сырого были определены по следующим методикам: органолептические показатели – по ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011, массовую долю белка – методом Кьельдаля (ГОСТ Р 53951-2010), жира – кислотным методом (ГОСТ

5867-90), кислотности – потенциометрическим методом (ГОСТ Р 54669-2011), плотности – ареометрическим методом (ГОСТ Р 54758-2011), группы чистоты – по ГОСТ 8218-89, а сычужно-бродильную пробу – по ГОСТ Р 53430-2009. Исследование физико-химических показателей образцов сырного рулета было проведено по общепринятым методикам: содержание массовой доли белка – методом Кьельдаля (ГОСТ Р 54662-2011), жира – кислотным методом (ГОСТ 5867-90), влаги – на приборе Чижаковой (ГОСТ 3626-73), pH – потенциометрическим методом (ГОСТ 32892-2014). Определение содержания тяжелых металлов в образцах было проведено посредством минерализации продукта способом сухого озоления (ГОСТ 30178-96) на приборе Квант-2АТ.

Выработанные образцы продукта исследовали на хранимоспособность, а также определяли пищевую и биологическую ценность с применением справочных таблиц И. М. Скурихина.

Результаты и обсуждение. За основу продукта был взят сыр сулугуни – полутвердый, вытяжной, рассольный сыр, произведенный из предварительно нормализованного, пастеризованного коровьего молока традиционным кислотно-сычужным способом. Показатели качества молока-сырья приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества молока при производстве сырного рулета

Table 1 – Milk quality indicators for cheese roll production

Показатель / Indicator	Норма / Normal Value	Значение для исследуемого коровьего молока / Value for the studied cow's milk
Внешний вид и консистенция / Appearance and consistency	однородная жидкость без осадка и хлопьев / homogeneous liquid without sediment and flakes	однородная жидкость без осадка и хлопьев / homogeneous liquid without sediment and flakes
Вкус и запах / Taste and smell	чистый, без посторонних привкусов и запахов / clean, without foreign tastes and odors	чистый, без посторонних привкусов и запахов / clean, without foreign tastes and odors
Цвет / Colour	от белого до слабо-желтого / from white to faint yellow	белый / white
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	2,8	2,8
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	3,1	3,3
Кислотность, °T / Acidity, °T	16,0-18,0	17,5
Плотность / Density	1027,0	1027,0
Группа чистоты / Cleanliness group	I	I
Сычужно-бродильная проба, класс, не ниже / Rennet-fermentation sample, class, not lower	I, II	I, II

Особенность производства сыра сулугуни заключается в поддержании следующих условий при его выработке: температуры, равной 36-37 °С, а продолжительности коагуляции – 1-1,5 ч. Также важным моментом при производстве сырной основы является посолка: при выработке сыра сулугуни используется посолка и плавление посредством погружения сыра в рассол концентрацией 12-16 % и температурой 76-80 °С с последующей раскаткой сырного теста в пласт, его обсушкой, нанесением на него предварительно обжаренных в течение 3-4 минут семян льна и дополнительно размолотых в муку семян расторопши. Не менее важной особенностью является придание продукту формы – после нанесения на сырный пласт наполнителя его сворачивают в рулет, а затем охлаждают.

Большее влияние на повышение кислотности сыров и впоследствии их порчу оказывает содержащаяся в них в достаточно большом количестве влага, именно поэтому для снижения содержания влаги в сыре и дополнительного обсушивания продукта были выбраны семена рапсуса и льна. За счет гигроскопичности семян, влага, оставшаяся в продукте после его обсушивания, впитывается в семена льна и порошок из семян рапсуса, тем самым увеличивая срок годности продукта. В пользу выбора семян рапсуса как растительного сырья для сырного продукта говорит также их низкие кислотные и перекисные значения, что как раз способствует их длительному хранению [12].

В первую очередь была подобрана рецептура: на этом этапе внимание обращалось на состав растительных компонентов, их свойства и хранимоспособность, а также сочетаемость с сырной основой, а затем определялось и оптимальная концентрация растительных компонентов в продукте. В таблице 2 приведены значения процентного содержания растительных компонентов в четырех выработанных образцах.

Таблица 2 – Концентрация растительных компонентов в продукте

Table 2 – Concentration of plant components in the product

Растительное сырье / Plant material Sample	Образец 1 / Sample 1	Образец 2 / Sample 2	Образец 3 / Sample 3	Образец 4 / Sample 4
Семена рапсуса, % от сырной основы / Thistle seeds, % of cheese base	2,0	5,0	7,0	10,0
Семена льна, % от сырной основы / Flax seeds, % of cheese base	1,0	2,0	5,0	7,0

В общей сложности были выработаны 4 образца с различной концентрацией растительного наполнителя, которые затем подверглись органолептическому анализу, результаты которого представлены в виде профилограммы (рисунок 1). Наилучшими органолептическими характеристиками обладает образец № 2, поскольку при данной концентрации наполнителя сохраняется баланс между вкусом семян и сыра, также сам продукт обладает вызывающим аппетит ароматом, в то время как в образце №1 он совсем не чувствуется, а в образцах №3 и №4 вкус семян избыточен и перебивает вкус сыра.

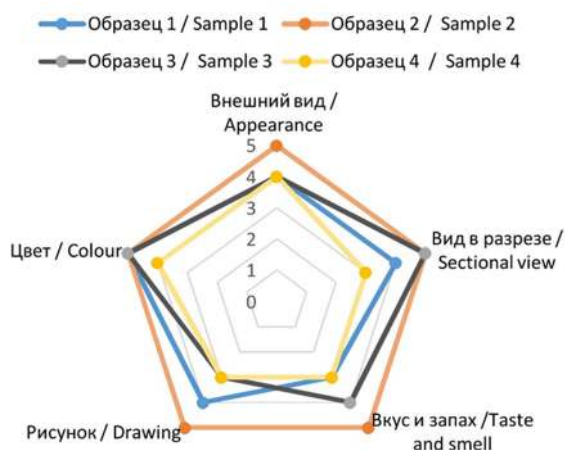


Рисунок 1 – Профилограмма органолептических показателей опытных образцов:

1 – неудовлетворительно; 2 – удовлетворительно; 3 – хорошо; 4 – очень хорошо; 5 – отлично

Figure 1 – Profilogram of organoleptic indicators prototypes:

1 – unsatisfactory; 2 – satisfactory; 3 – good; 4 – very good; 5 – excellent

После выработки контрольного и опытного образцов была проведена их общая сравнительная органолептическая оценка, в результате которой была также построена профилограмма (рисунок 2).

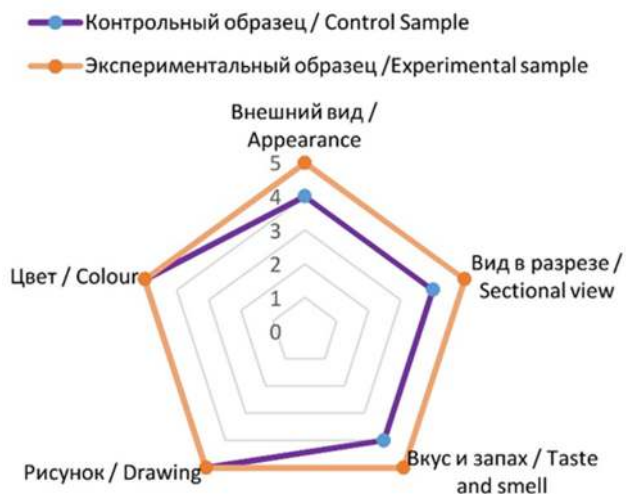


Рисунок 2 – Профилограмма органолептических показателей образцов:
1 – неудовлетворительно; 2 – удовлетворительно; 3 – хорошо; 4 – очень хорошо; 5 – отлично

Figure 2 – Profilogram of organoleptic indicators samples:
1 – unsatisfactory; 2 – satisfactory; 3 – good; 4 – very good; 5 – excellent

Согласно органолептическому анализу, внесение в рецептуру сыра семян льна и расторопши благоприятно влияет на вкус, запах и консистенцию продукта, придавая ему ореховые нотки, из чего можно сделать вывод, что, поскольку вносимые растительные компоненты влияют на органолептические показатели только в положительной степени, выбор концентрации наполнителя не был ошибочным. Более подробно органолептические показатели исследуемых образцов описаны в таблице 3.

Таблица 3 – Органолептические показатели образцов

Table 3 – Organoleptic parameters of samples

Показатель / Indicator	Характеристика / Characteristic	
	Контрольный образец / Control sample	Экспериментальный образец / Experimental sample
Внешний вид / Appearance	корки нет, консистенция слоистая, эластичная / there is no crust, the consistency is layered, elastic	корки нет, поверхность ровная, без следов наполнителя; консистенция однородная, умеренно плотная / there is no crust, the surface is smooth, without traces of filler; the consistency is uniform, moderately dense
Вид в разрезе / Sectional view	—	свернутый спиралью некрошащийся сырный пласт, равномерно прослоенный смесью из цельных семян льна и молотых семян расторопши / coiled, non-crumbling cheese layer, evenly layered with a mixture of whole flax seeds and thistle seeds
Вкус и запах / Taste and smell	слабо выраженный сырный, чистый, кисломолочный, в меру соленый / weakly expressed cheese, pure, fermented milk, moderately salty	чистый, слабосоленый, кисломолочный, с выраженным привкусом и слабым ореховым запахом / pure, slightly salted, fermented milk, with a pronounced taste and a faint nutty smell
Рисунок / Drawing	рисунок отсутствует / the drawing is missing	рисунок отсутствует / the drawing is missing
Цвет / Colour	поверхность однородного, белого цвета / the surface is uniform, white	поверхность однородного, белого цвета / the surface is uniform, white

Следующим проводился анализ физико-химических свойств контрольного и экспериментального образцов: содержание массовой доли белка, жира, влаги, pH, пищевой и биологической ценности, а также содержание тяжелых металлов. Результаты анализа отображены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Физико-химические показатели образцов

Table 4 – Physical and chemical parameters of samples

Показатель / Indicator	Фактическое значение показателей / Actual value of indicators	
	Контрольный образец / Control sample	Экспериментальный образец / Experimental sample
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	18,1±0,01	18,4±0,01
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, % / Mass fraction of fat in terms of dry matter, %	45,8±0,02	48,4±0,05
Массовая доля влаги, % / Mass fraction of moisture, %	52,0±0,06	50,0±0,04
pH	4,7±0,01	4,7±0,01

При анализе физико-химических показателей было выявлено, что в экспериментальном образце на 2 % меньше массовая доля влаги, что впоследствии может положительно сказаться на его хранимоспособности, и на 2,6 % больше массовая доля жира, что значительно повышает пищевую ценность продукта. Поскольку сыры были выработаны по одной технологии, их pH равен.

Не менее важным является контроль содержания в пищевых продуктах солей тяжелых металлов, накапливаясь в организме, они способствуют ослаблению иммунных сил, параллельно угнетая работу центральной нервной системы, печени, почек и других органов. Определение содержания тяжелых металлов в образцах было проведено посредством минерализации продукта способом сухого озоления на приборе Квант-2АТ (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание тяжелых металлов в коровьем молоке и в образцах сырного рулета

Table 5 – Content of heavy metals in cow's milk and cheese roll samples

Наименование показателей качества / Name of quality indicators	ПДК в сырье / MPC in raw material	ПДК в продукте / MPC in the product	Фактическое значение показателей в коровьем молоке / Actual value of indicators in cow's milk	Фактическое значение показателей в экспериментальном образце / Actual value of indicators in the experimental sample
Массовая доля цинка, мг/кг / Mass fraction of zinc, mg / kg	5,0	50,0	2,94±0,01	19,40±0,55
Массовая доля меди, мг/кг / Mass fraction of copper, mg / kg	0,03	0,2	0,50±0,05	0,080±0,005
Массовая доля свинца, мг/кг / Mass fraction of lead, mg / kg	0,1	0,5	0,0099±0,0009	0,078±0,009
Массовая доля кадмия, мг/кг / Mass fraction of cadmium, mg / kg	0,03	0,2	0,003±0,0007	0,0100±0,006

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что выработанный опытный образец сырного рулета по перечисленным показателям считается безопасным. Содержание цинка, меди, свинца и кадмия не превышают допустимых значений согласно действующей нормативно-технической документации. Таким образом, содержание тяжелых металлов в молоке-сырье и опытном образце находятся в норме.

Так как рост кислотности в сыре оказывает большое влияние на скорость его порчи, хранимособность продуктов определялась по росту показателя кислотности во время хранения (рисунок 3).

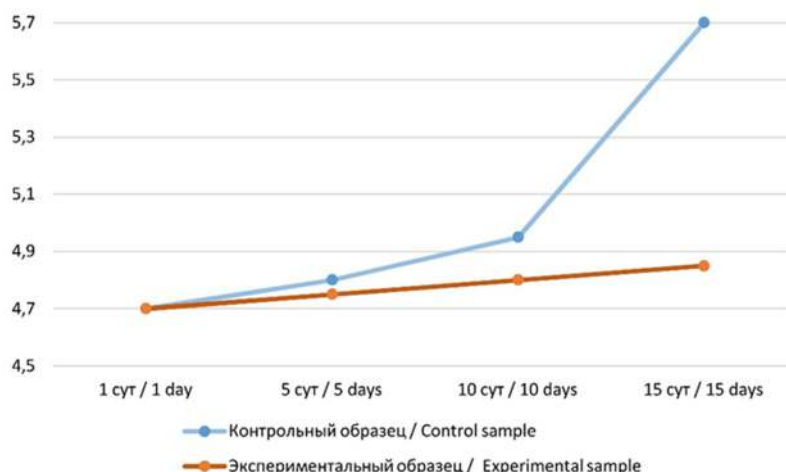


Рисунок 3 – Рост активной кислотности в исследуемых образцах в период хранения

Figure 3 – Growth of active acidity in the studied samples during storage

В соответствии с диаграммой можно сделать вывод, что введение в рецептуру семян расторопши и льна благоприятно влияет не только на органолептические и физико-химические показатели, но также и на хранимособность образцов, так как после 15 суток хранения активная кислотность (pH) экспериментального образца была ниже чем у контрольного на 0,85.

Выводы. Таким образом, была доказана целесообразность использования в качестве основного сырья – молока от коров голштинской породы австралийской селекции, в качестве растительного – семян расторопши и льна. Согласно результатам анализа, использование семян льна и расторопши, в сырном рулете положительно влияет на потребительские свойства сыров, способствует повышению их пищевой и биологической ценности, продукт является безопасным по содержанию токсичных элементов. Также по результатам исследований выявлено, что благодаря введению в рецептуру сырного рулета семян массовая доля белка увеличивается на 0,3 %, жира в сухом веществе – на 2,6 %, а массовая доля влаги снизилась на 2 %. Снижение массовой доли влаги благоприятно сказалось на хранимособности продукта в сравнении с контрольным образцом.

Библиографический список

1. Анализ рынка сыров в России в 2012-2016 гг., прогноз на 2018-2021 гг. [Электронный ресурс] // BUSINESSSTAT. 2017. Режим доступа: https://s.rbk.ru/v4_marketing_media/demo/9/09/115066122439099.pdf (дата обрац. 20.05.20).
2. Молочная продуктивность коров австралийской селекции разной линейной принадлежности / И. Ф. Горлов, Е. Ю. Злобина, А. А. Кайдулина, Т. Н. Бармина, С. А. Суркова, Д. А. Мосолова // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 7. С. 27-31.
3. Пилипенко Д. Н., Божкова С. Е. Инновационный молочно-растительный десерт // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 1 (1). С. 84-87.
4. Проблемы питания современного человека [Электронный ресурс] // ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Рязанской области» офиц. сайт. Режим доступа: <http://cgie.62.rosпотребнадзор.ru/> (дата обрац. 12.06.20).
5. Развитие отрасли животноводства в условиях импортозамещения / И. Ф. Горлов, М. А. Холодова, О. А. Холодов, О. П. Шахбазова // Современное состояние и приоритетные направления развития аграрной экономики и образования материалы международной научно-практической конференции, 2020. С. 148-152.

6. Совершенствование конструкции устройства для изготовления сыра / В. Н. Храмова, С. Е. Божкова, Е. А. Беднарская, Д. С. Белова // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2020. № 1 (236). С. 50-53.

7. Совершенствование технологии производства сыра из козьего молока с использованием растительных ингредиентов / В. Н. Храмова, Т. Ю. Яковлева, Я. И. Храмова, А. А. Короткова, С. Е. Божкова, Ю. Н. Картушина // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 4 (8). С. 65-73.

8. Digital technologies in the development of the agro-industrial complex / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. V. 87. P. 220-229.

9. Method for producing environmentally safe meat in radioactively contaminated area / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, S. E. Bozhkova, E. Y. Zlobina, V. I. Levakhin, E. A. Azhmuldinov, G. I. Levakhin, A. A. Tsarenok // Asian Journal of Animal Sciences. 2016. V. 10. № 1. P. 99-105.

10. Productivity and adaptation ability of Holstein cattle of different genetic selections / I. F. Gorlov, S. E. Bozhkova, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, A. S. Mokhov, O. P. Shakhbazova, V. V. Gubareva, Y. N. Fiodorov // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. V. 40. № 5. P. 527-533.

11. Trends of scientific and technical development of agriculture in Russia / G. V. Fedotova, I. F. Gorlov, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, A. K. Natyrov // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. V. 87. P. 193-200.

12. Tunisian milk thistle: an investigation of the chemical composition and the characterization of its cold-pressed seed oils / W. Meddeb, L. Rezig, M. Abderrabba, G. Lizard, M. Mejri // International Journal of Molecular Sciences. 2017.

Conclusion. Thus, it was proved the feasibility of using milk from Holstein cows of Australian selection as the main raw material, and thistle and flax seeds as vegetable raw materials. According to the results of the analysis, the use of flax seeds and thistle in the cheese roll positively affects the consumer properties of cheeses, contributes to increasing their nutritional and biological values, and the product is safe in terms of toxic elements. Also, according to research results, it was found that due to the introduction of seeds into the recipe of cheese roll, the mass fraction of protein increases by 0.3%, fat in the dry substance by 2.6%, and the mass fraction of moisture decreased by 2%. The decrease in the mass fraction of moisture favorably affected the storage capacity of the product in comparison with the control sample.

Reference

1. Analiz rynka syrov v Rossii v 2012-2016 gg., prognoz na 2018-2021 gg. [Elektronnyj resurs] // BUSINESSSTAT. 2017. Rezhim dostupa: https://s.rbk.ru/v4_marketing_media/demo/9/09/115066122439099.pdf (data obrasch. 20.05.20).

2. Molochnaya produktivnost' korov avstralijskoj selekcii raznoj linejnoy prinadlezhnosti / I. F. Gorlov, E. Yu. Zlobina, A. A. Kajdulina, T. N. Barmina, S. A. Surkova, D. A. Mosolova // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2019. № 7. P. 27-31.

3. Pilipenko D. N., Bozhkova S. E. Innovacionnyj molochno-rastitel'nyj desert // Agrarnopischevye innovacii. 2018. № 1 (1). P. 84-87.

4. Problemy pitaniya sovremennogo cheloveka [Elektronnyj resurs] // FBUZ "Centr gigieny i jepidemiologii v Ryazanskoj oblasti" ofic. sajt. Rezhim dostupa: <http://cgie.62.rospotrebnadzor.ru/> (data obrasch. 12.06.20).

5. Razvitie otrasli zhivotnovodstva v usloviyah importozamescheniya / I. F. Gorlov, M. A. Holodova, O. A. Holodov, O. P. Shahbazova // Sovremennoe sostoyanie i prioritnye napravleniya razvitiya agrarnoj jekonomiki i obrazovaniya materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 2020. P. 148-152.

6. Sovershenstvovanie konstrukcii ustrojstva dlya izgotovleniya syra / V. N. Hramova, S. E. Bozhkova, E. A. Bednarskaya, D. S. Belova // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tehnickeskogo universiteta. 2020. № 1 (236). P. 50-53.

7. Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva syra iz koz'ego moloka s ispol'zovaniem rastitel'nyh ingredientov / V. N. Hramova, T. Yu. Yakovleva, Ya. I. Hramova, A. A. Korotkova, S. E. Bozhkova, Yu. N. Kartushina // Agrarno-pischevye innovacii. 2019. № 4 (8). P. 65-73.

8. Digital technologies in the development of the agro-industrial complex / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020. Vol. 87. P. 220-229.

9. Method for producing environmentally safe meat in radioactively contaminated area / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, S. E. Bozhkova, E. Y. Zlobina, V. I. Levakhin, E. A. Azhmuldinov, G. I. Levakhin, A. A. Tsarenok // *Asian Journal of Animal Sciences*. 2016. Vol. 10. № 1. P. 99-105.

10. Productivity and adaptation ability of Holstein cattle of different genetic selections / I. F. Gorlov, S. E. Bozhkova, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, A. S. Mokhov, O. P. Shakhbazova, V. V. Gubareva, Y. N. Fiodorov // *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2016. Vol. 40. № 5. P. 527-533.

11. Trends of scientific and technical development of agriculture in Russia / G. V. Fedotova, I. F. Gorlov, A. V. Glushchenko, M. I. Slozhenkina, A. K. Natyrov // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020. Vol. 87. P. 193-200.

12. Tunisian milk thistle: an investigation of the chemical composition and the characterization of its cold-pressed seed oils / W. Meddeb, L. Rezig, M. Abderrabba, G. Lizard, M. Mejri // *International Journal of Molecular Sciences*. 2017.

Authors Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. S.-kh. sciences, professor, Scientific director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6), Head department food technology Volgograd State Technical University (400131, Volgograd, Russia, Av. Lenina 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, corresponding member RAS, Dr. b. sciences, professor, Director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production (400131, Volgograd, Russian, Rokossovsky st. 6), e-mail: slozhenkina@mail.ru

Bozhkova Svetlana Evgenevna, Cand. Biol. sci., lector of the Department "Technology of food production" of the Volgograd state technical University (Russia, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), E-mail: bozhkova@mail.ru

Belova Darya Sergeevna, master's student of the Department of food production Technology at Volgograd state technical University (28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation), E-mail: mailina7@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, post-graduate student of the Volga research Institute of meat and dairy production and processing (6 Rokossovsky str., Volgograd, 400131);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X> . E-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), зав. кафедрой «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28), доктор с.-х. наук, академик РАН,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), профессор кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28), доктор биологических наук, член-корреспондент РАН,
E-mail: niimmp@mail.ru

Божкова Светлана Евгеньевна, канд. биол. наук, доцент кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28), E-mail: bozhkova@mail.ru

Белова Дарья Сергеевна, магистрант кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 28),
E-mail: mailina7@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, аспирант ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X>. E-mail: esvoronts@mail.ru

INTRODUCTION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN METHODS OF ACCOUNTING FOR HUNTING ANIMALS

A. Y. Prosekov

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Kemerovo State University», Kemerovo*

Received 03.07.2020

Submitted 24.08.2020

Summary

The article examined the traditional methods of accounting for game animals. As a result of the analysis of scientific literature on this topic, it was revealed that existing methods are already outdated. The author proposes to modify standard aerial accounting using digital technologies, namely using an unmanned aerial vehicle equipped with a photo and thermal imaging camera.

Abstract

Introduction. A promising direction in eliminating the limitations of traditional methods of accounting for game animals (winter route accounting, air accounting, run accounting, etc.) is the introduction of digital technologies. The potential of digital technologies in almost any industry is associated with the ability to create digital copies of real objects, analyze large amounts of data, make the most informed decisions and perform specific actions automatically, without human intervention. Moreover, the cost of such activities, as a rule, is significantly lower than that of the traditional analogue. **Object.** The object of the study is the main hunting animals of the Kemerovo region: European moose, roe deer, wolf, brown bear. **Materials and methods.** The studies were conducted on the territory of the Kemerovo region-Kuzbass using the proposed method for modifying aerial metering with digital technologies, namely: the use of an unmanned aerial vehicle equipped with a photo and thermal imaging camera. **Results and conclusions.** As a result of studying the main methods of accounting for game animals, the characteristics and specifics of the main methods of accounting animals were described, as well as the limitations of these methods were revealed. It was determined that in the presence of a significant number of methods for accounting for animals, there is a contradiction in the accuracy of accounting and the level of costs. To solve these problems, a method was proposed for modifying aerial metering with digital technologies, namely: the use of an unmanned aerial vehicle equipped with a photo and thermal imaging camera. This equipment does not change the fundamental principles of accounting, since the traditional method is used with a different technical principle of flight and excluding the influence of the human factor.

Key words: census of hunting animals, European moose, roe deer, wolf, brown bear, winter route census.

Citation. Prosekov A. Y. Introduction of digital technologies in methods of accounting for hunting animals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 268-274 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-28.

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

УДК 639.1:574.34

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТОДЫ УЧЕТА ОХОТНИЧЬИХ ЖИВОТНЫХ

А. Ю. Просеков, доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РАН

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет», г. Кемерово*

Дата поступления в редакцию 03.07.2020

Дата принятия к печати 24.08.2020

Актуальность. Перспективным направлением по устранению ограничений традиционных методов учета охотничьих животных (зимний маршрутный учет, авиаучет, учет прогоном и т.д.) является внедрение цифровых технологий. Потенциал цифровых технологий практически в любой отрасли связан с возможностью создания цифровых копий реальных объектов, анализа больших

объемов данных, принятия наиболее обоснованных решений и выполнения конкретных действий автоматически, без участия человека. Причем себестоимость такой деятельности, как правило, оказывается значительно ниже, чем у традиционной аналоговой. **Объект.** Объектом исследования являются основные охотничьи животные Кемеровской области: европейский лось, косуля, волк, бурый медведь. **Материалы и методы.** Исследования проводились на территории Кемеровской области-Кузбасса с помощью предложенного метода модификации авиаучета цифровыми технологиями, а именно с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА), оснащенного фото- и тепловизионной камерой. **Результаты и выводы.** В результате изучения основных методов учета охотничьих животных были описаны характеристики, специфика основных методов учета животных, а также выявлены ограничения данных методов. Было определено, что при наличии значительного числа методов для учета животных существует противоречие точности учета и уровня затрат. Для решения данных проблем был предложен метод модификации авиаучета цифровыми технологиями, а именно: использование беспилотного летательного аппарата (БПЛА), оснащенного фото- и тепловизионной камерой. Данное оснащение не меняет принципиальных основ учета, так как используется традиционный метод с иным техническим принципом полета и исключением влияния человеческого фактора.

Ключевые слова: учет охотничьих животных, европейский лось, косуля, волк, бурый медведь, зимний маршрутный учет.

Цитирование. Просеков А. Ю. Внедрение цифровых технологий в методы учета охотничьих животных. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 268-274. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-28.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Повидовая специфика учета различных видов охотничьих животных зависит от их биологических и экологических особенностей, влияющих на их суточную активность и территориальное распределение. Так, биологические закономерности поведения животных могут способствовать обоснованному выбору площадок и маршрутов учета, установлению корректных пересчетных коэффициентов. Правильный выбор метода учета позволит получать достоверные данные о численности животных, что способствует устойчивому развитию охотничьего хозяйства.

На сегодняшний день традиционные методы учета являются устаревшими, они имеют существенные недостатки и риски, а также приводят к ложным результатам, что в свою очередь негативно сказывается на рациональном использовании охотничьих животных.

Цель данной работы заключается в анализе основных методов учета численности следующих крупных животных Кемеровской области: лосей, косуль, волков и бурых медведей, – так как данные виды являются наиболее изученными в области мониторинга и в представлении авторского метода модификации авиаучета с помощью цифровых технологий.

Материалы и методы. Для выполнения поставленной цели был проведен литературный обзор по тематике учета охотничьих животных в отечественных научных базах, то есть основным материалом работы являются результаты рядов опытов и исследований.

Объектами исследования являются основные охотничьи животные Кемеровской области: европейский лось, косуля, волк, бурый медведь.

Район исследования – Кемеровская область-Кузбасс, состоящая из пяти орографических районов: Кузнецкий Алатау, Горная Шория, Салаирский кряж, Кузнецкая котловина и Западно-Сибирская равнина. Область представляет собой в целом равнинную часть за исключением северных территорий, представляющих собой лесостепь. Климат области является резко континентальным. Доминирующими природными ландшафтами в Кемеровской области являются лесостепные, горно-таежные и южно-таежные. К крупнейшим рекам относятся: Томь, Иня, Кия, Кондома, Мрассу, Сары-Чумыш, Чумыш, Яя. Все горные системы Кемеровской области относятся к разным ти-

пам: так, Кузнецкий Алатау является высокой, Горная Шория – средней, Салаирский кряж – низкой. Это уникальная ситуация для всех регионов России, свидетельствующая о больших различиях среды обитания диких животных в разных районах области.

Результаты и обсуждение. Популярным объектом научных исследований является европейский лось (*Alces alces*), основным методом учета которого является зимний маршрутный учет (ЗМУ). В работе В. А. Бородулина [2] выделены следующие преимущества данного метода: возможность использования на территориях различной площади (абсолютный показатель численности в особях на 1000 га) и использование технических средств, имеющих относительно невысокую стоимость. К недостаткам ЗМУ относят: трудоемкость, наличие сжатых сроков для сбора первичных данных учета, наличие необходимости экстраполировать данные (то есть распространение данных учета на всю необследованную территорию), что снижает точность данных. Литературные данные по точности данного метода противоречивы. Так ученые ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова отмечают, что ЗМУ существенно (в два раза) занижает численность лосей по сравнению с окладным методом, учетом по экскрементам и авиаучетом [3, 12]. Напротив, согласно В.А. Бородулину, методика ЗМУ приводит к завышению численности лосей вследствие того, что может проводиться в период сезонной миграции животных, основные параметры которой плохо изучены, а также при наличии значительной доли болот в составе угодий, которые учетчики обычно обходят. Более правильным он считает учет лося по дефекациям.

Для учета лосей по дефекациям (фекальным кучкам) необходимо определить площадь учетной ленты, на которой осуществляется подсчет кучек экскрементов – так подсчитывается число дефекаций. По числу дефекаций на 1 тыс. га и среднему числу дефекаций лося в сутки определяется плотность населения лосей [12]. Метод позволяет определить абсолютный показатель численности лосей, что является преимуществом метода, к тому же, помимо определения численности, обнаружение фекалий позволяет составить картину размещения лосей в местообитаниях. Но существенным недостатком метода является относительность среднего числа дефекаций лося за 1 сутки, в связи с чем метод имеет невысокую точность, а также достаточно трудоемок.

Метод учета шумовым прогоном является эталонным при учете многих животных. Метод основан на выборе пробной площадки, на которой проходят с шумом, после подсчитывают следы вспугнутых животных. Разброс оценок при использовании шумового прогона составляет около 30 %, что позволяет считать результаты учета удовлетворительными [9]. Данным способом проверяют результаты, полученные другими методами, так как прогон обеспечивает практически 100 % точность результата в любое время года. Недостатком метода является то, что в основном он осуществляется только при совмещении с охотой и требует значительных ресурсов. Также при данном методе не учитываются затаившиеся звери.

Маршрутно-окладный и повторно-окладный методы изначально давали существенно заниженные данные о численности лосей в сравнении с методом прогона, поскольку разность входных и выходных следов не соответствовала реальной численности животных на пробной площадке [3, 12]. Но благодаря совершенствованию в направлении уменьшения размера площадок (до 1 км² и менее) и четкого их оконтуривания с целью исключения повторного захода лосей, методы нашли широкое применение в охотничьих хозяйствах и заповедниках, имеющих хорошую организованность.

Специалисты ВНИИОЗ рассматривают авиаучет как наиболее точный метод учета крупных копытных, но из-за экономических ограничений [12] он относительно редко используется в охотничьих хозяйствах России. Авиаучет разделяется на категории: учет численности самих животных, учет следов, учет с применением обычной аэрофотосъемки и в инфракрасных лучах. Преимущество метода заключается в устранении проблемы труднодоступных мест.

Методы учета косули (*Capeiolus pygargus*) соответствуют методам учёта лосей. Чаще всего применяется ЗМУ, метод прогона [13], авиаучет [5] и учет по зимним фекальным кучкам.

Для определения численности волков (*Canis lupus*) также используется ЗМУ, методы прогона и авиаучета, также применение нашли анкетно-опросный метод и картирование.

При проведении ЗМУ особенность состоит в том, что следы подсчитывают как при первом, так и при втором прохождении маршрута, а результат делят на два. Однако следует учитывать, что суточный ход волка сильно варьируется – по разным данным до 50-70 км и даже 90 км, что вносит существенную ошибку [11]. Метод ЗМУ дает завышенную оценку численности волков из-за специфики экологии волка, но, несмотря на это, в прикладных исследованиях численности волка последних лет чаще всего применялись данные ЗМУ. При учете волков ЗМУ активно дополняют анкетно-опросным методом и учетом добычи, чему благоприятствует относительная малочисленность волков и постоянное внимание к нему работников охотничьего хозяйства [4]. Анкетно-опросный метод является малозатратным, нетрудоемким и не имеет временных ограничений.

Следует отметить, что существует такой относительно специфичный для волков метод, как картирование участков обитания и семейно-стайных территорий. Метод заключается в многократном обследовании и картировании индивидуальных участков особей по следам их пребывания: результаты добычи волка, следы на снегу, данные о нападении на домашних животных, гнездовья и выводки («дома»). Полученные данные сводятся к нанесению на карту-схему мест встречи и анализу данных [10].

Как и в случае с учетом лосей, наиболее точным, но и затратным методом считается шумовой прогон, используется авиаучет (с теми же особенностями и ограничениями, следует отметить, что недоучет волков в аэровизуальных наблюдениях не рассматривался в литературе).

Учет бурых медведей (*Ursus arctos*) зависит от их особенностей: от годового цикла (зимняя спячка), от скрытного образа жизни, от большого участка обитания и т.д. [8], из-за чего метод ЗМУ чаще всего не используется. Поэтому для мониторинга наиболее часто применяют метод картирования, авиаучета, анкетно-опросный метод, визуальное наблюдение на овсах и метод весеннего тропления [12].

Метод картирования заключается в измерении следов и регистрации других признаков жизнедеятельности медведей в течение всего бесснежного периода. Метод позволяет получить достаточно точные результаты при вовлечении большого круга добровольных информаторов и качественной интерпретации информации, хотя численность самок с медвежатами может занижаться, так как они более скрытны. Он требует фиксации всех следов жизнедеятельности медведей и опросных сведений на карте, что позволяет идентифицировать отдельные особи и достаточно точно определить численность медведя [7].

Метод авиаучета применялся в работе А. С. Валенцева и др., где отмечается, что на Камчатке до начала 2000-х годов регулярно проводились авиаучеты бурых медведей при привлечении средств охотпользователей и международных природоохранных организаций, и они объективно необходимы хотя бы раз в 10 лет. Метод применим только для открытых местообитаний большой территории. Часто из-за отсутствия средств проводятся только анкетно-опросные/экспертные методы оценки численности медведей. В работе А. К. Ахременко и В. Т. Седалищева [1] анкета состояла из следующих пунктов: размер участка и его наименование, время нахождения на этом участке, све-

дения об урожаях кормов, количество медведей на участке, время залегания и выхода из берлоги, соотношение медведей по возрасту и полу и число медвежат на выводке. Недостаток метода – субъективизм оценок.

Метод «на овсах» заключается в пересчете особей, питающихся на овсяных полях. Данный метод имеет сезонный характер (конец лета – начало осени) и состоит из двух этапов. Первый этап заключается в визуальной регистрации и детальном описании особей, второй – в утреннем обходе и измерении всех следов. Метод прост и позволяет получать достоверные данные, но так как с каждым годом количество овсяных полей сокращается, использование данного метода становится нецелесообразным.

Метод весеннего тропления заключается в обнаружении следов и других следов обитания медведей после их выхода из берлог. Позволяет получить много сведений о медведях: численность, пол, наличие медвежат, размеры следов, описания берлог. Недостатки заключаются в том, что метод применим лишь при благоприятных погодных условиях и в короткие сроки (в период выхода медведей из берлог), трудоемок и дает заниженные результаты, так как часть зверей выходят из берлог уже после таяния снега.

При всем многообразии методов учета особей нет ни одного, предоставляющего точные результаты подсчета крупных животных. Кроме того, большинство методов учета, предоставляющих довольно корректные результаты, имеют запретительно высокую стоимость для современного охотничьего хозяйства. Следовательно, перспектива развития учета – внедрение принципиально новых технологий, в особенности цифровых, которые выводят получение и анализ информации на принципиально новый уровень.

Например, на сегодняшний день модифицируют ЗМУ, метод учета дефекаций применением спутникового навигатора, что позволяет повысить качество и достоверность получаемых данных. Также разрабатываются новые устройства для исследования численности животных: например, фотоловушки, позволяющие упростить процесс обработки информации [6]. Существует несколько способов усовершенствования метода авиаучета: применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для осуществления аэрофото съемки и применение теплового мониторинга, который позволяют сократить штат и затраты на сотрудников. БПЛА практически не зависит от погодных условий, он обладает меньшим «фактором беспокойства». В данной работе для учета животных в Кемеровской области предлагается использование комбинированного метода, являющегося модификацией авиаучета за счет применения традиционной видеосъемки и тепловизора. Данные устройства устраняют недостатки друг друга, позволяя получить достоверные данные о численности животных. Устройства закреплены на БПЛА самолетного типа (рисунок 1), имеющего широкий диапазон условий эксплуатации: не теряет работоспособность при скорости ветра до 15 м/с, температуре воздуха от -50 до +45 °С, при умеренном дожде и снегопаде.



Рисунок 1 – Общий вид БПЛА, используемого для комбинированного метода учета животных

Figure 1 – General view of the UAV used for the combined method of accounting for animals

Предлагаемое устройство (БПЛА с фотокамерой и тепловизионной камерой) является современным средством, способным вести съёмки животных при различных погодных условиях. Данный метод решает проблемы традиционных методов учета: от наличия труднодоступных мест до недобросовестности обработки результатов. Данные, полученные с камер устройства, накапливаются в облачных базах данных и обрабатываются авторской программой.

Выводы. Таким образом, требуется усовершенствование традиционных и развитие новых методов учета животных с использованием новых принципов как для непосредственного подсчета численности, так и для дополнительного обоснования биологических, экологических предпосылок плотности учета (территориального распределения, миграций, суточных ходов).

Предложенный метод модификации стандартного авиаучета, а именно использование БПЛА с фото- и тепловизионной камерой, позволяет получить точные данные с камер. Для такого БПЛА труднодоступных мест практически не существует, а проблему с различием живых объектов от объектов неживой природы помогает решить тепловизионная камера. К тому же обработку полученной информации можно осуществлять сторонними организациями – все это в итоге приводит к снижению субъективизма ошибок и преднамеренному искажению данных.

Библиографический список

1. Ахременко А. К., Седлищев В. Т. Экологические особенности бурого медведя (*Ursus arctos* L., 1758) в Якутии // Экология. 2008. № 3. С. 201-205.
2. Бородулин В. А. Подходы к выбору способа количественной оценки населения лося на северо-западе лесной зоны // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2013. № 205. С. 25-41.
3. Глушков В. М., Кетова Н. С. ЗМУ: оценка работы двух методов // Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2020. № 1 (26). С. 5-28.
4. Кирьякулов В. М., Баранов И. А. Волк (*Canis Lupus* L.) в Московской области // Вестник охотоведения. 2019. Т. 16. №3. С. 225-228.
5. Кривошапкин А. А. Материалы по динамике численности сибирской косули (*Capreolus pygargus* L., 1771) в Центральной Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2017. №5. С. 17-25.
6. Методология использования фотоловушек для оценки обилия и сезонных изменений населения млекопитающих на примере Зейского заповедника / С. А. Подольский, В. А. Кастрикин, Л. Ю. Левик [и др.] // Байкальский зоологический журнал. 2019. № 2 (25). С. 6-12.
7. Пучковский С. В. Управление популяциями бурого медведя в охотничьих хозяйствах лесной полосы // Охота и охотничье хозяйство. 2019. №4. С. 10-13.
8. Сенотрусова М. М., Павлова Е. А. Мониторинг состояния некоторых хищных млекопитающих, отнесенных к объектам охоты Шушенского района Красноярского края // Вестник ИРГСХА. 2019. № 92. С. 124-131.
9. Скуматов Д. В., Юдин А. А. Результаты учета лосей прогоном в процессе охот. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2018. С. 90-95.
10. Степанова В. В. Обоснование и опыт проведения анкетно-опросного метода учета волков в Якутии // Вестник МРГСХА. 2017. № 83. С. 158-163.
11. Трусов Р. В. Регулирование численности волка в Вологодской области // Вестник охотоведения. 2019. Т. 16. №3. С. 219-221.
12. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans / J. C. Hodgson, R. Mott, S. M. Baylis [et al.] // Methods in Ecology and Evolution. 2018. P. 1-8.
13. Liu H., Jiang G. S., Li H. A comparative study on four survey methods used in ungulate population size estimation in winter in north China // Shengtai xuebao. 2015. № 9. С. 3076-3086.

Conclusions. Thus, it is necessary to improve traditional and develop new animal accounting methods, using new principles both for direct counting of numbers and for additional justification of biological, ecological prerequisites of accounting density (territorial distribution, migrations, daily moves).

The proposed method of modifying the standard aircraft accounting, namely the use of UAVs with a photo- and thermal imaging camera, allows to obtain accurate data from the cameras. For such UAVs there are practically no hard-to-reach places, and the problem with the difference between living objects and objects of non-living nature helps to solve the thermal imaging chamber. In addition, the processing of the received information can be carried out by third-party organizations - all this results in reduction of subjectivity of errors and deliberate distortion of data.

Reference

1. Ahremenko A. K., Sedlischev V. T. Jekologicheskie osobennosti burogo medvedya (*Ursus arctos* L., 1758) v Yakutii // *Jekologiya*. 2008. № 3. P. 201-205.
2. Borodulin V. A. Podhody k vyboru sposoba kolichestvennoj ocenki naseleniya losya na severo-zapade lesnoj zony // *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2013. № 205. P. 25-41.
3. Glushkov V. M., Ketova N. S. ZMU: ocenka raboty dnuh metodov // *Gumanitarnye aspekty ohoty i ohotnich'ego hozyajstva*. 2020. № 1 (26). P. 5-28.
4. Kir'yakulov V. M., Baranov I. A. Volk (*Canis Lupus* L.) v Moskovskoj oblasti // *Vestnik ohotovedeniya*. 2019. Vol. 16. №3. P. 225-228.
5. Krivoshepin A. A. Materialy po dinamike chislennosti sibirskoj kosuli (*Sapreolus pygargus* L., 1771) v Central'noj Yakutii // *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M. K. Ammosova*. 2017. №5. P. 17-25.
6. Metodologiya ispol'zovaniya fotolovushek dlya ocenki obiliya i sezonnyh izmenenij nasele-niya mlekopitayuschih na primere Zejskogo zapovednika / S. A. Podol'skij, V. A. Kastrikin, L. Yu. Levik [i dr.] // *Bajkal'skij zoologicheskij zhurnal*. 2019. № 2 (25). P. 6-12.
7. Puchkovskij S. V. Upravlenie populyაციями burogo medvedya v ohotnich'ih hozyajstvah lesnoj polosy // *Ohta i ohotnich'e hozyajstvo*. 2019. №4. P. 10-13.
8. Senotrusova M. M., Pavlova E. A. Monitoring sostoyaniya nekotoryh hischnyh mlekopitay-uschih, otnesennyh k ob'ektam ohoty Shushenskogo rajona Krasnoyarskogo kraja // *Vestnik IRGSXA*. 2019. № 92. P. 124-131.
9. Skumatov D. V., Yudin A. A. Rezul'taty ucheta losej progonom v processe ohot. SPb.: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. S. M. Kirova, 2018. P. 90-95.
10. Stepanova V. V. Obosnovanie i opyt provedeniya anketno-oprosnogo metoda ucheta volkov v Yakutii // *Vestnik MRGSXA*. 2017. № 83. S. 158-163.
11. Trusov R. V. Regulirovanie chislennosti volka v Vologodskoj oblasti // *Vestnik ohotovedeniya*. 2019. Vol. 16. №3. P. 219-221.
12. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans / J. C. Hodgson, R. Mott, S. M. Baylis [et al.] // *Methods in Ecology and Evolution*. 2018. P. 1-8.
13. Liu H., Jiang G. S., Li H. A comparative study on four survey methods used in ungulate population size estimation in winter in north China // *Shengtai xuebao*. 2015. № 9. C. 3076-3086.

Authors Information

Prosekov Alexander Yuryevich, Head. Department of Bionanotechnology, chief researcher, Kemerovo State University, Krasnaya 6, Kemerovo, Russian Federation, 650043, Doctor of Technical Sciences, Professor, ORCID: 0000-0002-5630-3196, e-mail: rector@kemsu.ru

Информация об авторе

Просеков Александр Юрьевич, зав. кафедрой бионанотехнологии, главный научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (Красная, 6, г. Кемерово, Российская Федерация, 650043), доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0002-5630-3196, e-mail: rector@kemsu.ru

PRINCIPLES OF ORGANIZATION OF PRODUCTION OF ENVIRONMENTALLY SAFE BEEF

N. N. Zabashta^{1,2}, E. N. Golovko¹,
E. P. Lisovitskaya¹, A. N. Vysokopoyasnaya¹

¹Krasnodar Scientific Center of Zootechnology and Veterinary Medicine, Krasnodar

²Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

Received 03.04.2020

Submitted 24.08.2020

Summary

The article studied and supplemented the technological parameters of ecologically safe rearing of young cattle, ensuring the production of organic beef that meets the requirements of GOST R 56508-2015 and the Federal Law of the Russian Federation No. 280-2018 «On organic products and on amendments to certain legislative acts Russian Federation». The quality and safety of beef was monitored at the suppliers of environmentally friendly meat and meat raw materials for baby food. The results of studies of two technologies suitable for the production of environmentally friendly beef are obtained. This is a moderately intensive loose technology used in the Novokubansky district of the Krasnodar Territory, and extensive technology for feeding young cattle on natural foothill pastures with moderate use of concentrated feed.

Abstract

Introduction. To date, the production of safe meat organic products has stricter requirements. This allows providing the population with environmentally friendly high-quality meat raw materials. In food, there is an increase in permissible pollution standards. Serious danger is coming from contamination of meat with heavy metals, pesticides, antibiotics, mycotoxins, which are contained in the ground and then they get into meat raw materials using plant foods. Due to the unstable severe natural climate, adverse factors greatly affect the nature around us, so we need to introduce a technology for the reproduction of raw meat, which guarded or even eliminated the ingress of toxicants into meat. **Object.** The object of research is raw meat and offal. **Materials and methods.** Research conducted two technologies: moderately intense loose-line technology; extensive technology for fattening young cattle on natural foothill pastures. **Results and conclusions.** Gobies of Simmental meat breed were reared and fed according to a moderately intensive loose-line technology. Pre-slaughter live weight was 541.3 ± 3.4 kg; $M_{p.tushi}$ - 292.3 ± 3.0 kg, W_{uboy} - 54.0 %; $M_{okhl.tushi}$ - 279.6 ± 1.8 kg; $V_{gov.besk}$ - 81.5 %, T_g - 1.9 cm, S_m - 82.0 cm. 1 Grade - 5.7 ± 0.1 ; Icr - 74 ± 1.0 units extinction. In animal meat it was found: V - 70.0 %; B - 10.0 %; G - 0.95 %, Z - 20.0 %, including Lys – 12,6 г/кг; Arg – 11,5 г/кг; Ile – 9,1 г/кг; Met – 5,3 г/кг; Trp – 2,5 г/кг beef. A high BKP was established - the ratio of tryptophan to hydroxyproline is 4.9. In beef it is determined: ω_K - 3.5 g/kg; ω_{Na} - 0.7 g/kg; ω_P - 1.83 g/kg; ω_{Mg} - 255 mg/kg; ω_{Ca} - 105.0 mg/kg; ω_{Fe} - 31.3 mg/kg; ω_{Zn} - 27.0 mg/kg; ω_{Se} - 0.09 mg/kg; ω_I - 0.12 mg/kg. According to the results of the research, beef meets the requirements of TP TS 021/2011, TS 034/2013, as well as the requirements of GOST R 55445-2013 and GOST R 56508-2015. Aberdeen-Angus bulls, grown by extensive technology, had good slaughter characteristics. After the slaughter of the gobies (n = 5), studies were conducted that showed: M_{pred} - 515 ± 1.0 kg, $M_{p.tushi}$ - 299.2 ± 0.8 kg, slaughter yield - 58.1%; $M_{okhl.tushi}$ - 295.0 ± 0.8 kg; $V_{gov.besk}$ - 84.1%, T_g - 1.8 cm, $S_{mys.eye}$ - 84.0 cm. The gobies did not grow very quickly during accelerated feeding, but the gobies that were kept in the bases exceeded them, the yield of boneless meat by extensive technology was 84.1 %, and the yield of meat from moderately-intensive gobies was 81.5 % In meat raw materials of gobies: moisture - 72.0 %; protein - 20.0 %; fat - 7.0 %; ash - 0.95 %. After monitoring the safety of beef, it was found that meat raw materials are environmentally friendly. Aberdeen-Angus bulls, grown by moderately intensive technology, had excellent slaughter characteristics. The following indicators were obtained: M_s - 560.0 ± 2.7 kg, $M_{p.tushi}$ - 320.3 kg, V_{tushi} - 57.2 %, M_{gow} - 266.7 kg, $M_{okhl.tushi}$ - 84.9 %. After laboratory studies of meat received: V - 70.9 %, B - 20.4 %, G - 7.7 %, Z - 1.0 %. According to our studies, we can conclude that the meat raw material obtained meets the requirements of GOST 32 855-2014 and GOST R 56508-2015.

Key words: *technology, cattle, organic beef, chemical composition and safety of meat, farm-supplier.*

Citation. Zabashta N.N., Golovko E.N., Lisovitskaya E.P., Vysokoyasnaya A.N. Principles of organization of production of environmentally safe beef. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 275-280 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-29.

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

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

УДК 637.5:631.95

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ГОВЯДИНЫ

Н. Н. Забашта^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Е. Н. Головко¹, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Е. П. Лисовицкая¹, кандидат технических наук, ст. научный сотрудник
А. Н. Высокопоясная¹, аспирант

¹Краснодарский научный центр зоотехнии и ветеринарии, г. Краснодар

²Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
г. Краснодар

Дата поступления в редакцию 03.04.2020

Дата принятия к печати 24.08.2020

Актуальность. На сегодняшний день при производстве безопасных мясных органических продуктов предъявляются ужесточенные требования. Это позволяет обеспечить население экологически безопасным мясным сырьем высокого качества. В пищевых продуктах наблюдается увеличение допустимых норм загрязнения. Серьезная опасность надвигается от загрязнения мяса тяжелыми металлами, пестицидами, антибиотиками, микотоксинами, которые содержатся в земле и далее посредством растительной пищи попадают в мясное сырье. Благодаря непостоянному тяжелому природному климату, неблагоприятные факторы очень сильно влияют на окружающую нас природу, поэтому нужно внедрить такую технологию воспроизводства мясного сырья, которая остерегала или даже исключала попадание токсикантов в мясо. **Объект.** Объектом исследований являются мясное сырье и субпродукты. **Материалы и методы.** Исследовали две технологии: умеренно-интенсивную беспривязную технологию; экстенсивную технологию откорма на естественных предгорных пастбищах. **Результаты и выводы.** Бычки симментальской мясной породы дорастивали и откармливали по умеренно-интенсивной беспривязной технологии. Предубойная живая масса составила $541,3 \pm 3,4$ кг. $M_{\text{пар.туши}}$ – $292,3 \pm 3,0$ кг, $V_{\text{убой.}}$ – 54,0 %; $M_{\text{охл.туши}}$ – $279,6 \pm 1,8$ кг; $V_{\text{гов.беск.}}$ – 81,5 %, $T_{\text{ж}}$ – 1,9 см, $S_{\text{мыш.гл.}}$ – 82,0 см. pH_{охл.гов.} 1 класса – $5,7 \pm 0,1$; $I_{\text{окр.}}$ – $74 \pm 1,0$ ед. экстинкции. В мясе животных было установлено: В – 70,0 %; Ж – 10,0 %; З – 0,95 %, Б – 20,0 %, в т.ч. Lys – 12,6 г/кг; Arg – 11,5 г/кг; Ile – 9,1 г/кг; Met – 5,3 г/кг; Trp – 2,5 г/кг говядины. Установлен высокий БКП – отношение триптофана к оксипролину – 4,9. В говядине определена: ω_K – 3,5 г/кг; ω_{Na} – 0,7 г/кг; ω_P – 1,83 г/кг; ω_{Mg} – 255 мг/кг; ω_{Ca} – 105,0 мг/кг; ω_{Fe} – 31,3 мг/кг; ω_{Zn} – 27,0 мг/кг; ω_{Se} – 0,09 мг/кг; ω_I – 0,12 мг/кг. По результатам исследований говядина отвечает требованиям ТР ТС 021/2011, ТС 034/2013, а также требованиям ГОСТ Р 55445-2013 и ГОСТ Р 56508-2015. Бычки абердин-ангусской породы, выращенные по экстенсивной технологии, имели хорошие убойные характеристики. После убоя бычков ($n=5$) проводили исследования, которые показали: $M_{\text{пред.}}$ – $515 \pm 1,0$ кг, $M_{\text{пар.туши}}$ – $299,2 \pm 0,8$ кг, убойный выход – 58,1 %; $M_{\text{охл.туши}}$ – $295,0 \pm 0,8$ кг; $V_{\text{гов.беск.}}$ – 84,1 %, $T_{\text{ж}}$ – 1,8 см, $S_{\text{мыш.глаз.}}$ – 84,0 см. Бычки при ускоренной выкормке не очень быстро росли, а превосходили их бычки, которые содержались в базах, выход бескостного мяса по экстенсивной технологии – 84,1 %, а выход мяса от бычков умеренно-интенсивного откорма составил 81,5 %. В мясном сырье бычков: влаги – 72,0 %; белка – 20,0 %; жира – 7,0 %; золы – 0,95 %. В мышцах живот-

ных было замечено увеличение содержания незаменимых аминокислот. В результате проведения мониторинга безопасности говядины установлено, что мясное сырье экологически безопасно. Бычки абердин-ангусской породы, выращенные по умеренно-интенсивной технологии, обладали отличными убойными характеристиками. Были получены показатели: $M_{\text{ср.пред.}}$ – 560,0±2,7 кг, $M_{\text{пар.туши}}$ – 320,3 кг, $V_{\text{туши}}$ – 57,2 %, $M_{\text{гов.беск.}}$ – 266,7 кг, $M_{\text{охл.туши}}$ – 84,9 %. Проведя лабораторные исследования мяса получили: В – 70,9 %, Б – 20,4 %, Ж – 7,7 %, З – 1,0 %. По проведенным нами исследованиям можно сделать заключение, что полученное мясное сырье отвечает требованиям ГОСТ 32 855-2014 и ГОСТ Р 56508-2015.

Ключевые слова: производство говядины, экологическая безопасность говядины, безопасность мясных продуктов.

Цитирование. Забашта Н. Н., Головкин Е. Н., Лисовицкая Е. П., Высокопоясная А. Н. Принципы организации производства экологически безопасной говядины. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 275-280. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-29.

Авторский вклад. Все авторы этой исследовательской работы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы этой статьи ознакомились и утвердили окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важным фактором для здорового питания населения является обеспечение безопасными продуктами питания. При производстве безопасных органических мясных продуктов установлены более жесткие требования. Трудность заключается в том, что поставка экологически безопасного мясного сырья наивысшего качества в наше нелегкое время особенно актуально [2, 8, 12]. В пищевых продуктах наблюдается увеличение допустимых норм загрязнения. Серьезная опасность надвигается от загрязнения мяса тяжелыми металлами, пестицидами, антибиотиками, микотоксинами, которые содержатся в земле, и далее посредством растительной пищи они попадают в мясное сырье [4, 9]. Благодаря непостоянному тяжелому природному климату, неблагоприятные факторы очень сильно влияют на окружающую нас природу, поэтому нужно внедрить такую технологию воспроизводства мясного сырья, которая оберегала или даже исключала бы попадание токсинов в мясо [5, 6, 7]. Проводимые нами опыты были сосредоточены на реконструкции элементов технологии выращивания и откорма бычков в направлении повышенной безопасности кормления в сторону экстенсивной или умеренно-интенсивной технологии, которая обеспечивает получение органической говядины, отвечающей требованиям ГОСТ Р 56508-2015 и ФЗ РФ №280-2018 [1, 10, 11].

Материалы и методы. Цель исследований заключалась в создании технологии изготовления качественного безопасного органического мясного сырья. Для решения поставленной цели был проведен откорм бычков по умеренно-интенсивной беспривязной технологии на пастбищном выгуле и на предгорных пастбищах.

В ОАО ОПХ ПЗ «Ленинский путь», где используется откорм бычков по умеренно-интенсивной беспривязной технологии, содержание и кормление бычков производились с учетом прироста $M_{\text{жив.}}$ 800-1000 г/сутки, на откорм было поставлено 450 голов 4-х мес. молодняка. В зимний период животные достигли массы тела до 430-550 кг. Все корма, измельченные злаки и другие отвечают требованиям безопасности и пригодны для скармливания молодняку КРС для получения органической говядины.

Животные пасутся на естественных пастбищах, им к основному корму добавляли 3,5-4 кг сена и 2,5-3 кг дерти зерна злаков на голову. Во время выкормки бычки поедали сухого вещества 1,95-2,18 кг. Вводили дополнительно в корм природные добавки в виде лизунцов. Для доказательства необходимого соответствия к органической продукции был произведен контрольный убой 9 голов 18-ти мес. бычков, достигших $M_{\text{жив.}}$ – 541,3±4,7 кг.

В Мостовском районе проводят откорм бычков на собственных пастбищах и кормят своими кормами. Дополнительно вводили 3,5-4 кг сена и 2-2,5 кг пшенично-ячменной дерти. Убой бычков производили в 18 мес. возрасте с убойной массой $515 \pm 1,0$ кг. После этого мясное сырье отправляли на исследования по составу туш, качество и безопасность мясного сырья.

В хозяйстве ООО «Хаммер» проводили откорм бычков на предгорных и горных пастбищах по умеренно-интенсивной технологии. Убой животных производили в 18 мес. возрасте с живой массой 370-580 кг. В течение откорма бычки съедали сухого вещества 1,95-2,18 кг на 100 кг живой массы. Вводили дополнительно в корм природные минеральные добавки. На одну голову животного приходилось 20-25 кг в сутки зеленого пастбищного корма. На заключительной стадии выкормки животных, в их рацион добавляли наибольшее количество концентратов – до 4 кг комбикорма, в состав которого входили такие компоненты, как ячмень 40 %; пшеница 30 %, кукуруза 18 %, отруби 11 %, премикс 1 %. В рационе количество переваримого протеина составило 117,0 г на 1 к.ед. Соотношение в рационе Са : Р=2,6 : 1.

Результаты и обсуждение. В ОАО ОПХ ПЗ «Ленинский путь» бычков симментальской мясной породы подрастили и вели откорм по умеренно-интенсивной беспривязной технологии. Был проведен контрольный убой 9 голов бычков симментальской породы. Они имели отличные убойные характеристики, $M_{\text{пред.жив.}}$ составила $541,3 \pm 3,4$ кг. $M_{\text{пар.туши}}$ – $292,3 \pm 3,0$ кг, убойный выход – 54,0 %; $M_{\text{охл.туши}}$ – $279,6 \pm 1,8$ кг; $V_{\text{гов.беск.}}$ – 81,5 %, $T_{\text{ж}}$ – 1,9 см, $S_{\text{мыш.глаз.}}$ – 82,0 см. $pH_{\text{охл.гов.}}$ 1 класса $5,7 \pm 0,1$; $I_{\text{окр.}}$ – $74 \pm 1,0$ ед. экстинкции. В мясе животных было установлено: В – 70,0 %; Ж – 10,0 %; З – 0,95 %, Б – 20,0 %, в т.ч. Lys – 12,6 г/кг; Arg – 11,5 г/кг; Ile – 9,1 г/кг; Met – 5,3 г/кг; Trp – 2,5 г/кг говядины. Установлен высокий БКП – отношение триптофана к оксипролину – 4,9. В говядине определены ω_K – 3,5 г/кг; ω_{Na} – 0,7 г/кг; ω_P – 1,83 г/кг; ω_{Mg} – 255 мг/кг; ω_{Ca} – 105,0 мг/кг; ω_{Fe} – 31,3 мг/кг; ω_{Zn} – 27,0 мг/кг; ω_{Se} – 0,09 мг/кг; ω_I – 0,12 мг/кг.

По результатам исследований мониторинга безопасности говядина отвечает требованиям ТР ТС 021/2011, ТС 034/2013, а также требованиям ГОСТ Р 55445-2013 и ГОСТ Р 56508-2015 [3].

В ООО «Предгорья Кубани» бычки абердин-ангусской породы, откормленные по экстенсивной технологии на предгорных пастбищах с умеренным использованием концентрированных кормов, имели хорошие убойные характеристики. После убоя бычков ($n=5$) проводили исследования, которые показали $M_{\text{пред.}}$ – $515 \pm 1,0$ кг, $M_{\text{пар.туши}}$ – $299,2 \pm 0,8$ кг, $V_{\text{убой.}}$ – 58,1 %; $M_{\text{охл.туши}}$ – $295,0 \pm 0,8$ кг; $V_{\text{гов.беск.}}$ – 84,1 %, $T_{\text{ж}}$ – 1,8 см. Площадь мышечного глазка – 84,0 см. Бычки при ускоренной выкормке не очень быстро росли, а превосходили их бычки, которые содержались в базах, выход бескостного мяса по экстенсивной технологии – 84,1 %, а выход мяса от бычков умеренно-интенсивного откорма составил 81,5 %. В мясном сырье бычков: влаги – 72,0 %; белка – 20,0 %; жира – 7,0 %; золы – 0,95 %. В мышцах животных было замечено увеличение содержания незаменимых аминокислот. Безопасность мясного сырья находили из $P_{\text{сред.}}$ мясного фарша, субпродуктов (сердца и печени) ($n=5$).

В итоге наших исследований и имеющихся результатах по говядине, а также субпродуктам, мы смело можем сказать, что мясное сырье отвечает всем требованиям безопасности [3]. Мясо бычков абердин-ангусской породы, выращенных в Мостовском районе, является экологически безопасным мясным сырьем.

В ООО «Хаммер» откормленные по умеренно-интенсивной технологии бычки имели отличные убойные характеристики. Были получены показатели: $M_{\text{ср.пред.}}$ – $560,0 \pm 2,7$ кг, $M_{\text{пар.туши}}$ – 320,3 кг, выход туши – 57,2 %, $M_{\text{говядины беск.}}$ – 266,7 кг, $M_{\text{охл.туши}}$ – 84,9 %. Проведя лабораторные опыты, мы можем сказать, что мясное сырье отвечает требованиям ГОСТ 32 855-2014 и ГОСТ Р 56508-2015.

Выводы. Проведя исследования двух технологий: умеренно-интенсивной беспривязной технологии и экстенсивной технологии откорма на предгорных пастбищах с умеренным использованием концентрированных кормов, мы можем сделать заключение, что для производства экологически безопасной говядины они наиболее подходящие. Для получения безопасной органической говядины лучше использовать умеренно концентрированные корма для откорма скота на предгорных пастбищах.

Библиографический список

1. Влияние откорма бычков на качество говядины для производства продуктов детского питания / Н. Н. Забашта, Е. Н. Головкин, А. В. Устинова, Н. В. Тимошенко // Мясная индустрия. 2013. С. 54-62.
2. Выращивание бычков калмыцкой породы для получения органической говядины / Н. Н. Забашта, Е. Н. Головкин, Е. П. Лисовицкая, А. Н. Высокопоясная // Комбикорма. 2019. № 3. С. 74-75.
3. Забашта А. В., Забашта Н. Н., Лисовицкая Е. П. Накопление тяжелых металлов в почвах предгорных районов Краснодарского края // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. №1(52). С. 22-26.
4. Забашта Н. Н., Головкин Е. Н., Лисовицкая Е. П. Молочнокислые закваски с пробиотическим действием для получения органической свинины // Ветеринария и кормление. 2019. № 1. С. 32-35.
5. Качество молока и молочная продуктивность коров в хозяйствах Краснодарского края / Н. Н. Забашта, Е. П. Лисовицкая, Н. Ю. Сарбатова [и др.] // Зоотехния. 2019. № 6. С. 19-21.
6. Положительное воздействие пробиотика на иммунную систему, микрофлору кишечника и прирост массы тела свиней / Н. Н. Забашта, Е. Н. Головкин, Е. А. Москаленко, Е. П. Лисовицкая // Ветеринария. 2020. №3. С. 48-50.
7. Dimov K., Tzankova M. Biological effectiveness of the meat performance in buffalo and cattle bullocks // Bulg. J. agr. Sc. 2002. Vol.8. № 2/3. P. 269-274.
8. Ecological Aspects Of Nitrate Accumulation In Farm Animal Feed And Safety Of Meat Products / N. N. Zabashta, A. A. Nesterenko, M. P. Semenenko, E. V. Kuzminova, E. P. Lisovitskaya // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. № 2. P. 966-969.
9. Hale D. S., Goodson K., Savel J. W. Beef Quality and Yield Grades // Department of Animal Science Texas AgriLife Extension Service College Station. TX 77843-2471. 2013. P. 1-9.
10. New Standards Governing the Production of Pork for Children Nutrition / E. P. Lisovitskaya, N. Yu. Sarbatova, O. V. Sycheva, L. V. Kononova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. № 1. P. 995-999.
11. Oprzadek J., Dymnicki E., Oprzadek A. A note on the effect of breed on beef cattle carcass traits // Anim. Sc. Papers Rep. Jastrzebiec. 2001. Vol. 19. № 1. P. 79-89.
12. The Quality and Safety of Meat Raw Materials for the Production of Healthy Food / S. V. Patieva, A. M. Patieva, E. P. Lisovitskaya, N. N. Zabashta // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. № 2. P. 731-737.

Conclusion. The results of studies of two technologies suitable for the production of environmentally friendly beef are obtained. This is a moderately-intensive loose-line technology used in the Novokubansky district of the Krasnodar Territory, and an extensive technology for feeding young cattle on natural foothill pastures with moderate use of concentrated feed. To obtain environmentally friendly organic beef, it is better to use moderately concentrated feed for fattening livestock on foothill pastures.

Reference

1. The effect of fattening gobies on the quality of beef for the production of baby food / N. N. Zabashta, E. N. Golovko, A. V. Ustinova, N. V. Tymoshenko // Meat industry. May. 2013. P. 54-62.
2. Cultivation of calves of the Kalmyk breed for organic beef / N. N. Zabashta, E. N. Golovko, E. P. Lisovitskaya, A. N. Vysokopoyasnaya // Compound feed. 2019. No. 3. P. 74-75.
3. Zabashta A. V., Zabashta N. N., Lisovitskaya E. P. The accumulation of heavy metals in the soils of the foothills of the Krasnodar Territory // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2019. V. 14. No. 1(52). P. 22-26.

4. Zabashta N. N., Golovko E. N., Lisovitskaya E. P. Lactic acid starter cultures with probiotic action for organic pork production // *Veterinary medicine and feeding*. 2019. No. 1. P. 32-35.
5. The quality of milk and milk productivity of cows in the farms of the Krasnodar Territory / N. N. Zabashta, E. P. Lisovitskaya, N. Yu. Sarbatova [et al.] // *Zootechnics*. - 2019. No. 6. P. 19-21.
6. The positive effect of the probiotic on the immune system, intestinal microflora and weight gain in pigs / N. N. Zabashta, E. N. Golovko, E. A. Moskalenko, E. P. Lisovitskaya // *Veterinary medicine*. 2020. No. 3. P. 48-50.
7. Dimov K., Tzankova M. Biological effectiveness of the meat performance in buffalo and cattle bullocks // *Bulg. J. agr. Sc.* 2002. Vol.8. № 2/3. P. 269-274.
8. Ecological Aspects Of Nitrate Accumulation In Farm Animal Feed And Safety Of Meat Products / N. N. Zabashta, A. A. Nesterenko, M. P. Semenenko, E. V. Kuzminova, E. P. Lisovitskaya // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. Vol. 10. № 2. P. 966-969.
9. Hale D. S., Goodson K., Savel J. W. Beef Quality and Yild Grades // *Department of Animal Science Texas AgriLife Extension Service College Station. TX 77843-2471*. 2013. P. 1-9.
10. New Standards Governing the Production of Pork for Children Nutrition / E. P. Lisovitskaya, N. Yu. Sarbatova, O. V. Sycheva, L. V. Kononova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. Vol. 10. № 1. P. 995-999.
11. Oprzadek J., Dymnicki E., Oprzadek A. A note on the effect of breed on beef cattle carcass traits // *Anim. Sc. Papers Rep. Jastrzebiec*. 2001. Vol. 19. № 1. P. 79-89.
12. The Quality and Safety of Meat Raw Materials for the Production of Healthy Food / S. V. Patieva, A. M. Patieva, E. P. Lisovitskaya, N. N. Zabashta // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7. № 2. P. 731-737.

Authors Information

Zabashta Nikolay Nikolaevich, Head of the IC "Argus", Senior Researcher of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomaiskaya St. 4); Professor, Head Chair THPZHP of the Kuban State Agrar University (13 Kalinina St., Krasnodar, 350044, Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1319-716X> n.zabashta@bk.ru.

Golovko Elena Nikolaevna, Leading Researcher of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, 4 Pervo-Mayskaya St.), Doctor of Biological Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6764-4682> martinija@yandex.ru.

Lisovitskaya Ekaterina Petrovna, Senior Researcher of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnology and Veterinary Medicine (RF, 350004, 1st Line, 1), Candidate of Technical Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1933-6458> lisovickaya.ekaterina@mail.ru

Vysokoyasnaya Anastasia Nikolaevna, graduate student of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomaiskaya St. 4), junior research co-worker, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9598-0536> Vasilekanna27@mail.ru.

Информация об авторах

Забашта Николай Николаевич, руководитель ИЦ «Аргус», ведущий научный сотрудник Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии (РФ, 350055, г. Краснодар, пгт. Знаменский, ул. Первомайская 4); профессор, зав. кафедрой ТХПЖП Кубанского государственного аграрного университета (РФ, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1319-716X> n.zabashta@bk.ru

Головко Елена Николаевна, ведущий научный сотрудник Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии (РФ, 350055, г. Краснодар, пгт. Знаменский, ул. Первомайская 4), доктор биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6764-4682> martinija@yandex.ru

Лисовицкая Екатерина Петровна, старший научный сотрудник Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии (РФ, 350004, г. Краснодар, 1-я Линия, 1), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1933-6458> lisovickaya.ekaterina@mail.ru

Высокопоясная Анастасия Николаевна, аспирант Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии (РФ, 350055, г. Краснодар, пгт. Знаменский, ул. Первомайская 4), младший научный сотрудник, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9598-0536> Vasilekanna27@mail.ru

APPLICATION OF CARBON DIOXIDE FOR REFRIGERATED PROCESSING OF MEAT WITH A HIGH PROTEIN CONTENT

E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, P. S. Korotkikh, A. N. Grinyuk

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Kemerovo State University», Kemerovo*

Received 31.01.2020

Submitted 25.08.2020

Summary

The article provides an analysis of modern methods of freezing meat with a high protein content, considers their advantages and disadvantages, and identifies the most promising one. The possibility of using various refrigerants and cryoagents for contact freezing of meat with a high protein content is also considered.

Abstract

Introduction. It has been established that modern methods of freezing food products based on the use of carbon dioxide are carried out due to direct contact of the product with carbon dioxide. During refrigeration processing, a low-temperature air, gas or liquid medium is supplied to the product. There is a possibility of creating a mixture of gas and solid CO₂ dispersed into it, to ensure the efficient use of the heat of sublimation of carbon dioxide and reduce its consumption. **Object.** The article provides an analysis of modern methods of freezing meat with a high protein content, considers their advantages and disadvantages, and identifies the most promising one. The possibility of using various refrigerants and cryoagents for contact freezing of meat with a high protein content is also considered. The analysis of the cost of freezing with various methods is carried out. **Materials and methods.** Various commercial types of produced carbon dioxide are considered. The advantages of carbon dioxide as a substance used in freezing meat with a high protein content are described. The data of experiments on freezing meat with a high protein content in a specially designed model of the apparatus are presented, the analysis of these data is carried out. Several operating modes of the apparatus are considered. **Results and Conclusions.** The most important result of the calculations was the revealed patterns of change in the parameters of the process of freezing meat with a high protein content when using carbon dioxide. The practical significance of the work is described, which is due to the need for effective development and improvement of the technology for freezing meat with a high protein content in order to achieve modern quality standards and the cost of products.

Key words: *freezing, carbon dioxide, protein, air-gas medium, temperature regime.*

Citation. Neverov E.N., Korotkiy I.A., Korotkikh P.S., Grinyuk A.N. Application of carbon dioxide for refrigerated processing of meat with a high protein content. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 281-288 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-30.

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

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

УДК 641.664

ПРИМЕНЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МЯСА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА

Е. Н. Неверов, доктор технических наук, профессор

И. А. Короткий, доктор технических наук, профессор

П. С. Коротких, аспирант

А. Н. Гринюк, аспирант

¹ ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Дата поступления в редакцию 31.01.2020

Дата принятия к печати 25.08.2020

Актуальность. Установлено, что современные методы замораживания пищевых продуктов, основанные на применении диоксида углерода, осуществляются за счет непосредственного контакта продукта с диоксидом углерода. В ходе холодильной обработки осуществляется

подача на продукт низкотемпературной воздушной, газовой или жидкой среды. Существует возможность создания смеси из газа и диспергированного в нее твердого CO_2 , для обеспечения эффективного использования теплоты сублимации диоксида углерода и снижения его расхода. **Объект.** В статье приведен анализ современных методов замораживания мяса с высоким содержанием белка, рассмотрены их достоинства и недостатки и выявлен наиболее перспективный. Также рассмотрена возможность применения различных хладагентов и криоагентов для контактного замораживания мяса с высоким содержанием белка. Проведен анализ стоимости замораживания при различных методах. **Материалы и методы.** Рассмотрены различные коммерческие виды выпускаемого диоксида углерода. Описаны преимущества диоксида углерода как вещества, применяемого при замораживании мяса с высоким содержанием белка. Представлены данные экспериментов по замораживанию мяса с высоким содержанием белка, в специально разработанной модели аппарата, проведен анализ этих данных. Рассмотрены несколько режимов работы аппарата. **Результаты и выводы.** Наиболее важным результатом проведенных расчетов стали выявленные закономерности изменения параметров процесса замораживания мяса с высоким содержанием белка при использовании диоксида углерода. Описана практическая значимость работы, которая обусловлена необходимостью эффективного развития и совершенствования технологии замораживания мяса с высоким содержанием белка для достижения современных стандартов качества и стоимости производимой продукции.

Ключевые слова: замораживание мяса, диоксид углерода, холодильная обработка мяса, воздушно-газовая среда, хранение мяса.

Цитирование. Неверов Е. Н., Короткий И. А., Коротких П. С., Гринюк А. Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки мяса с высоким содержанием белка. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 281-288. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-30.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение: На сегодняшний день в промышленности распространены методы замораживания мяса с высоким содержанием белка, в которых в качестве охлаждающей среды используется воздух, для охлаждения которого используют различные хладоны. Данные способы охлаждения обладают рядом недостатков, например: ухудшение внешнего вида товара при контактном методе, длительный период времени замораживания, поглощение значительного количества влаги. Эти отрицательные факторы приводят к потере качества продукта и к сокращению сроков годности [7, 13].

На сегодняшний день остро стоит вопрос разработки современных рабочих тел, отвечающих всем требованиям безопасности, а также пригодных для применения в пищевой холодильной промышленности. Полностью соответствует заявленным требованиям диоксид углерода. Аппараты, работа которых основана на применении диоксида углерода, отличаются простотой устройства и конструкции, экономичны в эксплуатации. Существуют как стационарные аппараты, так и аппараты, приспособленные для мобильного производства. Широкий диапазон регулирования температуры в рабочей зоне аппаратов (от минус 10 до минус 70 °С) позволяет замораживать различные продукты при заданных для них нормируемых температурных параметрах [1].

Материалы и методы. С целью исследования различных режимов работы аппарата по замораживанию мяса с высоким содержанием белка был разработан и собран экспериментальный стенд. На данном стенде был проведен ряд экспериментов по замораживанию мяса с высоким содержанием белка. В качестве объектов исследования были выбраны тушки индейки. В результате чего были получены зависимости изменения температурного поля, плотности тепловых потоков, определены время замораживания и количество расходуемого CO_2 .

Результаты и обсуждение. В результате проведенного исследования выявлено, что для достижения заявленных сроков хранения необходимы следующие условия: хорошее качество исходного продукта, соблюдение температурного режима и заданной скорости движения воздушно-газовой среды. Таким образом, мясо, подвергнутое заморозке в среде диоксида углерода, сохраняет свои свойства значительно дольше во временном отношении в сравнении с замороженным мясом индейки, обработанным традиционным способом.

Эксперименты проводились при различных температурах в камере (минус 30 °С, 50 °С, 70 °С) без принудительного движения воздушно-газовой среды CO₂. Затем при тех же температурах, но скорости движения среды в камере 5±0,5 м/сек.

В качестве объекта исследования служили тушки индейки массой 2,5±0,05 кг.

Измерения осуществлялись с одной стороны тушки индейки при помощи трех термопар и датчика измерения плотности теплового потока. Термопары были установлены: во внутреннем слое (10 мм); в толще мяса (30 мм); на наружной поверхности (5 мм). Также для контроля температуры одна термопара была установлена в аппарате.

Термограмма процесса замораживания тушки индейки массой 2,5±0,05 кг газообразным CO₂ и схема установки термопар, при температуре в аппарате -50±2 °С представлена на рисунке 1.

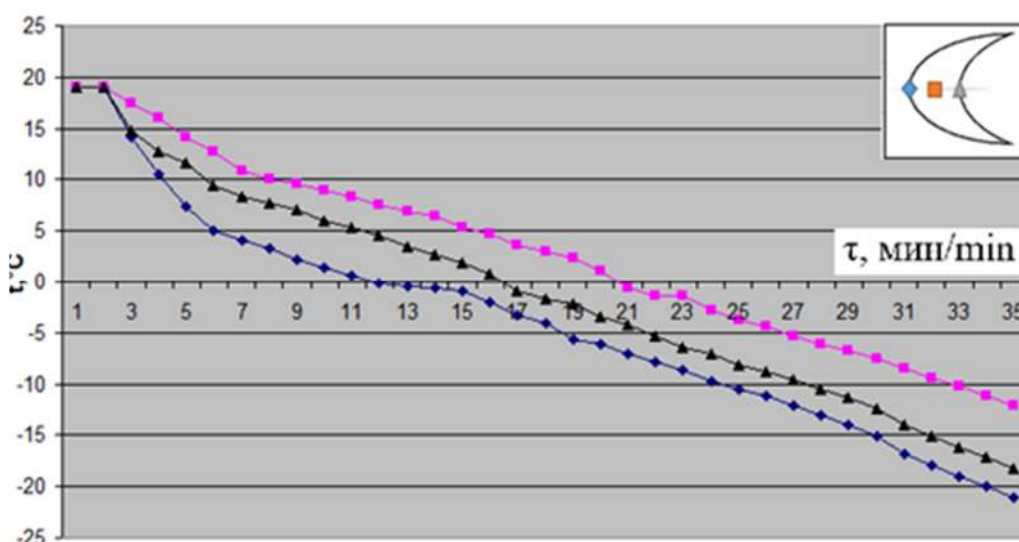


Рисунок 1 – Термограмма процесса замораживания мяса индейки при температуре в аппарате -50±2°С

Figure 1 – Thermogram of the process of freezing turkey meat at a temperature in the apparatus of -50 ± 2°С

Продолжительность холодильной обработки 35 минут, количество расходуемого диоксида углерода 5,3 кг. В конце процесса замораживания температура наружной поверхности достигла значения минус 21 °С, температура внутренней поверхности установилась на уровне минус 18 °С, а температура в центральной части тушки индейки достигает отметки минус 12 °С.

При данных условиях нормируемая температура была достигнута во всех исследуемых слоях тушки индейки.

В процессе замораживания наружного слоя мяса происходит смещение границы незамерзших участков к центральному слою. Это способствует интенсификации теплоотвода из центрального слоя, температура в котором приближается к криоскопической, далее начинается кристаллообразование в центральной части.

На графике изменения плотности теплового потока четко виден этап замораживания внешнего слоя, который совпадает по временному показателю с охлаждением центрального слоя мяса. Интенсивность теплового потока и снижения температуры в этот период времени довольно высокие, так как продукт поступил на замораживание без предварительного охлаждения и разность температуры продукта и диоксида углерода максимальна. На следующем этапе продолжается умеренное снижение уровня теплового потока, но оно менее интенсивно, это связано с тем, что охлаждение центрального слоя практически закончено и в основном идет распространение замёрзшего внешнего слоя в глубину, при одновременном его домораживании. На заключительном этапе процесса замораживания теплоотвод происходит наименее интенсивно, так как следует домораживание продукта до заданной температуры.

Применение вынужденной конвекции позволит интенсифицировать процесс замораживания тушки индейки и сократить время, что позволит улучшить качество готового продукта [2, 8].

Для этого далее было проведено исследование процесса замораживания тушки индейки газообразным CO_2 при температуре в камере минус 50°C , и скорости движения воздушно-газовой смеси $5 \pm 0,5$ м/сек.

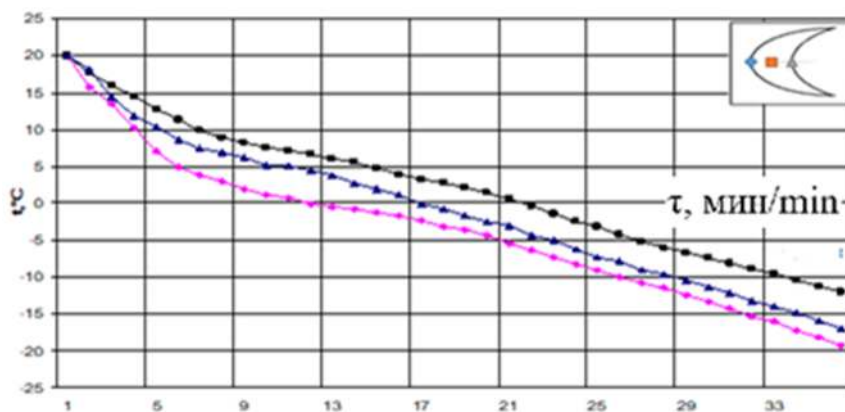


Рисунок 2 – График изменения плотности теплового потока при замораживании тушки индейки CO_2 при $t_c = \text{минус } 50 \pm 2^\circ\text{C}$ и скорости движения воздушно-газовой среды $5 \pm 0,5$ м/сек

Figure 2 – Graph of changes in the heat flux density when freezing a turkey carcass CO_2 at $t_c = \text{minus } 50 \pm 2^\circ\text{C}$ and the speed of the air-gas medium 5 ± 0.5 m/s

Начало процесса замораживания внутреннего слоя мяса до определенного момента проходит достаточно интенсивно. Так, на термограммах имеет место участок с близким к нулевому темпом замораживания. На криоскопическую температуру наибольшее влияние оказывают общее содержание влаги в мясе, доля свободной влаги, содержание минеральных солей и содержание органических кислот [14].

При достижении криоскопической температуры происходит значительное снижение темпа охлаждения. Это связано с началом процесса перехода воды в лед, что ведет к выделению скрытой теплоты. Из анализа диаграммы темпа замораживания можно определить температуру кристаллизации эвтектического раствора, которая находится в диапазоне от минус $0,8$ до минус 2°C , что соответствует температуре фазового перехода для мясного сока. При данной температуре в водном растворе начинается процесс кристаллизации воды. Этому способствует клеточная диффузия влаги в межклеточном пространстве, которая проходит при неинтенсивном замораживании клеток. Для улуч-

шения показателей процесса замораживания и улучшения качества конечного продукта важно, как можно быстрее преодолеть данную область, в которой происходит вымораживание значительной части воды, содержащейся в мясе [12].

Из эксперимента следует, что применение вынужденной конвекции способствует интенсификации процесса отведения теплоты в первые минуты холодильной обработки, и сделать процесс замораживания более равномерным, а значит снизить энергозатраты.

Результаты исследований по замораживанию мяса индейки при различных параметрах температуры и скорости движения воздуха приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований по замораживанию мяса индейки при различных параметрах температуры и скорости движения воздушно-газовой среды

Table 1 – Results of research on freezing turkey meat at various parameters of temperature and speed of air-gas medium

V = 0 м/с / m/s			V = 5±0,5 м/с / m/s		
t (°C)	τ (мин) / min	m CO ₂ (кг) / kg	t _{кам} (°C)	τ (мин) / in	m CO ₂ (кг) / kg
-30	45	7,5	-30	40	6,5
-50	39	10	-50	33	9
-70	35	13,5	-70	31	12

Анализ экспериментального исследования показывает, что при температуре в камере минус 70 °С и скорости движения воздушно-газовой среды 5±0,5 м/сек под действием паров хладагента и интенсивной конвекции предварительное охлаждение и выравнивание температуры по объему продукта проходят наиболее быстро.

Процесс замораживания сопровождается перемещением растворенных веществ от наружного слоя к внутреннему, а воды – в противоположном направлении. Для обеспечения сохранности влаги в продукте необходимо обеспечить максимальную интенсивность отвода теплоты, так как в противном случае, скорости обменной диффузии будет превосходить темп продвижения границы замерзшего слоя вглубь тушки. Значительная часть влаги начнет перемещаться по направлению к поверхности продукта, что приведет к вымораживанию влаги из продукта.

Выводы. Эксперименты показали, что аппарат, использующий диоксид углерода и принудительную конвекцию, работает по принципу скороморозильных аппаратов, интенсивность понижения температуры в нем максимальна. Это позволяет значительно снизить усушку продукта, в сравнении с методами, основанными на воздушном охлаждении, и не позволяет повысить влагосодержание и намораживание льда на продукте, как это происходит при охлаждении водным льдом и дальнейшем замораживании в воздушной среде. Применение диоксида углерода позволяет максимально сохранить вкусовые качества продукта и его естественный цвет вследствие диффузии диоксида углерода внутрь продукта.

Мясо с высоким содержанием белка сохраняет свои полезные свойства в процессе заморозки, так как эти компоненты сохраняются и не теряют своих свойств. При этом срок хранения готового продукта значительно увеличивается, что важно по причине сравнительно высокой цены данного вида мяса, возможности транспортировки и реализации продукта значительно увеличиваются. Замораживание мяса в среде диоксида углерода позволяет значительно уменьшить эффект прогоркания жира, вызванный процессами естественного окисления веществ.

Библиографический список

1. Баркова В. Г., Величко Н. А., Иванова О. В. Разработка рецепта мясной и овощной пасты из мяса индейки // Вестник КрасГАУ. 2019. Вып. 5. С. 72-77.
2. Богатырев А. Н., Пряничникова Н. С., Макеева И. А. Натуральные продукты питания – здоровье нации // Пищевая промышленность. 2017. № 8. С. 26-29.
3. Герасименко Н. Ф., Позняковский В. М., Челнакова Н. Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. Т. 12. № 4. С. 52-57.
4. Иванов В. В., Овчинников А. С., Куприянова С. В. Агрономия методология устойчивого развития агропромышленного комплекса // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 4 (56). С. 82-88.
5. Использование нового пищевого ингредиента в производстве мясных продуктов функционального назначения / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, Ю. Д. Данилов, И. А. Семенова, А. С. Мирошник // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2018. № 4 (52). С. 162-168.
6. Ишевский А. Л. Замораживание как метод консервирования пищевых продуктов // Теория и практика переработки мяса. 2017. Т. 2. № 2. С. 43-59. DOI: <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-2-43-59>.
7. Ловкис З. В., Франко Е. П. Здоровье нации в здоровом питании // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2014. Т. 24. № 2. С. 3-8.
8. Могильный М. П. Роль функциональных свойств белков в специальных видах питания // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. Т. 307. № 1. С. 51-54.
9. Неверов Е. Н. Исследование процесса охлаждения неповрежденной рыболовной форели углекислым газом // Ползуновский Вестник. 2017. № 2 (4). С. 83-89.
10. Неверов Е. Н. Применение углекислого газа для холодной переработки рыбы // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 4. С. 62-67.
11. Неверов Е. Н., Коротких П. С. Исследование процесса теплообмена при охлаждении форели с применением диоксида углерода // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 383-389.
12. Characteristics B. E., Argan O., Güneşer A. K. Production of Whey Powder Added Fruit Beverages and Some Quality // Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 2015. Vol. 3. № 8. P. 651-658. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i8.651-658.425>.
13. Method of carbon dioxide recovery in fish processing industry / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, P. S. Korotkikh, L. V. Lifentseva // IOP Conf. Ser.: Land of Envir. Sci. 2019. V. 224 (1).
14. Wildman R.E.C., Kelly M. Nutraceuticals and functional foods // Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods. Boca Raton: CRC Press, 2007. P. 127-148.
15. Xiong Y. L. Muscle proteins // Proteins in Food Processing (Second Edition). Woodhead Publishing, 2018. P. 127-148. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00006-1>.

Conclusions. Experiments have shown that the apparatus using carbon dioxide and forced convection operates on the principle of fast-freezing apparatus, the intensity of the temperature decrease in it is maximum. This makes it possible to significantly reduce the shrinkage of the product, in comparison with methods based on air cooling, and does not allow an increase in the moisture content and freezing of ice on the product, as happens when cooling with water ice and further freezing in air. The use of carbon dioxide allows you to maximally preserve the taste of the product and its natural color, due to the diffusion of carbon dioxide into the product.

Meat with a high protein content retains its useful properties during the freezing process, as these components are preserved and do not lose their properties. With this, the shelf life of the finished product significantly increases, which is important because of the comparatively high price of this type of meat, the ability to transport and sell the product significantly increases. Freezing meat in an environment of carbon dioxide can significantly reduce the effect of fat burning caused by the processes of natural oxidation of substances.

Reference

1. Barkova V. G., Velichko N. A., Ivanova O. V. Development of a recipe for meat and vegetable paste from turkey meat // Bulletin of KrasGAU magazine. 2019. Iss. 5. P. 72-77.
2. Bogatyrev A. N., Pryanichnikova N. S., Makeeva I. A. Natural food products - the health of the nation // Food industry. 2017. No. 8. P. 26-29.
3. Gerasimenko N. F., Poznyakovsky V. M., Chelnakova N. G. Healthy nutrition and its role in ensuring the quality of life // Technologies of food and processing industries of the agro-industrial complex - healthy food products. 2016. V. 12. No. 4. P. 52-57.
4. Ivanov V. V., Ovchinnikov A. S., Kupriyanova S. V. Agronomy methodology of sustainable development of the agro-industrial complex // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex. 2019. No. 4 (56). P. 82-88.
5. The use of a new food ingredient in the production of functional meat products / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, Yu. D. Danilov, I. A. Semenova, A. S. Miroshnik // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex. 2018. No. 4 (52). P. 162-168.
6. Ishevsky A. L. Freezing as a method of food preservation // Theory and practice of meat processing. 2017. V. 2. No. 2. P. 43-59. DOI: <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-2-43-59>.
7. Lovkis Z. V., Franko E. P. The health of the nation in a healthy diet // Food industry: science and technology. 2014. V. 24. No. 2. P. 3-8.
8. Mogilny M. P. The role of functional properties of proteins in special types of nutrition // News of higher educational institutions. Food technology. 2009. V. 307. No. 1. P. 51-54.
9. Neverov E. N. Investigation of the process of cooling intact fishing trout with carbon dioxide // Polzunovsky Bulletin. 2017. N 2 (4). P. 83-89.
10. Neverov E. N. The use of carbon dioxide for the cold processing of fish // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. 2016. N 4. P. 62-67.
11. Neverov E. N., Korotkikh P. S. Investigation of the process of heat exchange during cooling of trout using carbon dioxide // Technics and technology of food production. 2019. V. 49. No. 3. P. 383-389.
12. Characteristics B. E., Argan O., Güneşer A. K. Production of Whey Powder Added Fruit Beverages and Some Quality // Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 2015. Vol. 3. № 8. P. 651-658. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i8.651-658.425>.
13. Method of carbon dioxide recovery in fish processing industry / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, P. S. Korotkikh, L. V. Lifentseva // IOP Conf. Ser.: Land of Envir. Sci. 2019. V. 224 (1).
14. Wildman R.E.C., Kelly M. Nutraceuticals and functional foods // Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods. Boca Raton: CRC Press, 2007. P. 127-148.
15. Xiong Y. L. Muscle proteins // Proteins in Food Processing (Second Edition). Woodhead Publishing, 2018. P. 127-148. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00006-1>.

Authors Information

Neverov Evgeniy Nikolayevich, Professor of the Department of Heating and Cooling Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya str., 6), Doctor of Technical Sciences, tel. 89235215385, e-mail: neverov42@mail.ru

Korotkiy Igor Alekseevich, Head of the Department of Heating and Cooling Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University», (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya st., 6), Doctor of Technical Sciences, tel. 7 (3842) 39-68-70, e-mail: krot69@mail.ru

Korotkih Pavel Sergeevich, Assistant of the Department of Heating and Cooling Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya st., 6), tel. 89059124022, e-mail: korotkix42@gmail.com

Grinyuk Alexey Nikolaevich, Postgraduate student of the Department of Heat and Cooling Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya st., 6), tel. 89049903243, e-mail: jettastream@inbox.ru

Информация об авторах

Неверов Евгений Николаевич, профессор кафедры теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доктор технических наук, тел. 89235215385, e-mail: neverov42@mail.ru

Короткий Игорь Алексеевич, заведующий кафедрой теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доктор технических наук, тел. 7 (3842) 39-68-70, e-mail: krot69@mail.ru

Коротких Павел Сергеевич, ассистент кафедры теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), тел. 89059124022, e-mail: korotkix42@gmail.com

Гринюк Алексей Николаевич, аспирант кафедры теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), тел. 89049903243, e-mail: jettastream@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-31

THE INFLUENCE OF MINERAL GRANULATED COMPLEX ON MEAT PRODUCTIVITY, QUALITATIVE INDICATORS OF THE MEAT OF YOUNG PIGS ON FATTENING

S. I. Nikolaev, V. V. Shkalenko, A. V. Randelin
L. A. Syulev, Yu. M. Batrakova

Volgograd State Agrarian University, Russia

Received 09.06.2020

Submitted 24.08.2020

Abstract

Introduction. The purpose of the research was to study the effect of the mineral granular complex, developed according to three recipes, on meat productivity and quality indicators of pork. **Materials and methods.** For the study, at the age of 90 days, 40 gilts were selected and divided by the method of pairs-analogs into 4 experimental groups, each with 10 heads. The experimental animals of the control group received standard compound feed SK-6 and SK-7 with the diet, and the gilts of the I, II and III experimental groups consumed compound feed, where their mineral part was replaced with a mineral granular complex developed according to recipes No. 1, No. 2 and No. 3. At the age of 180 days, a control slaughter of the experimental livestock was carried out. **Results and conclusions.** The results of slaughter showed that by weight of paired carcasses the gilts of the experimental groups exceeded their analogs from the control by 3.84; 4.83 and 2.47 kg, with a significant difference in carcass yield - by 1.60; 2.00 and 1.20%. The mass of internal fat in young animals that consumed the mineral granulated complex with the diet was greater in comparison with analogs from the control group by 0.45; 0.67 and 0.39 kg. The index of slaughter yield in individuals of the experimental groups was higher than in the control, respectively, by 1.95; 2.53 and 1.53%. The area of the muscular eye, which characterizes the meatiness of carcasses, was 0.67 more in the pigs of the experimental groups; 2.00 and 0.35 cm². On the basis of the results of deboning of carcasses, it was found that the mass of the pulp of carcasses in the representatives of the experimental groups was 3.17 more in comparison with the control; 4.42 and 2.05 kg, and the pulp yield is 0.92 higher; 1.75 and 0.66%.

Key words: granular mineral complex, compound feed, gilts, meat productivity, chemical and biochemical composition of meat.

Citation. Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Randelin A. V., Syulev L. A., Batrakova Yu. M. The Influence of mineral granulated complex on meat productivity, qualitative indicators of the meat of young pigs on fattening. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 288-297 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-31.

Author's contribution. All authors of this study participated 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 interest. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 636.4.084.1:636.087.72

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА НА МЯСНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСА МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ НА ОТКОРМЕ

С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Шкаленко, доктор биологических наук

А. В. Ранделин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л. А. Сюльев, старший преподаватель

Ю. М. Батракова, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, Россия

Дата поступления в редакцию

09.06.2020

Дата принятия к печати 24.08.2020

Актуальность. Целью исследований являлось изучение влияния минерального гранулированного комплекса, выработанного по трём рецептам, на мясную продуктивность и качественные показатели свинины. **Материалы и методы.** Для исследования в возрасте 90 дней отобрали 40 подсвинков и разделили по методу пар-аналогов на 4 подопытные группы в каждой по 10 голов. Подопытные животные контрольной группы получали с рационом стандартный комбикорм СК-6 и СК-7, а подсинки I, II и III опытных групп потребляли комбикорм, где минеральная часть была заменена минеральным гранулированным комплексом, выработанным соответственно по рецептам №1, №2 и №3. В возрасте 180 дней был проведён контрольный убой подопытного поголовья. **Результаты и выводы.** Результаты убоя показали, что по массе парных туш подсинки опытных групп превосходили аналогов из контроля на 3,84; 4,83 и 2,47 кг, при достоверной разнице и по выходу туш – на 1,60; 2,00 и 1,20 %. Масса внутреннего сала у молодняка, потреблявшего с рационом минеральный гранулированный комплекс, была больше в сравнении с аналогами из контрольной группы на 0,45; 0,67 и 0,39 кг. Показатель убойного выхода у особей опытных групп был выше, чем в контроле соответственно на 1,95; 2,53 и 1,53 %. Площадь мышечного глаза, характеризующая мясность туш, была больше у подсвинков опытных групп на 0,67; 2,00 и 0,35 см². На основании результатов обвалки туш установлено, что масса мякоти туш у представителей опытных групп была больше в сравнении с контролем на 3,17; 4,42 и 2,05 кг, а выход мякоти – выше на 0,92; 1,75 и 0,66 %.

Ключевые слова: минеральные гранулированные комплексы, кормление подсвинков, подсинки, мясная продуктивность молодняка свиней, химический состав мяса свиней, биохимический состав мяса свиней.

Цитирование. Николаев С. И., Шкаленко В. В., Ранделин А. В., Сюльев Л. А., Батракова Ю. М. Влияние минерального гранулированного комплекса на мясную продуктивность, качественные показатели мяса молодняка свиней на откорме. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 288-297. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-31.

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

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. Одной из самых интенсивных отраслей животноводства, способных в кратчайшие сроки нарастить производство мясного сырья, является свиноводство. При этом высокопродуктивное поголовье свиней отличается особой чувствительностью к качеству кормления. Рационы продуктивных свиней, особенно молодняка, балансируются не только по основным питательным веществам, но и по отдельным аминокислотам, макро- и микроэлементам [1-4, 6]. При балансировании рационов по минеральным веществам используются соответствующие минеральные подкормки, минеральные и минерально-витаминные премиксы [5, 7-9]. Однако в литературе имеются сведения о высокой эффективности использования в свиноводстве как естественных (бишофит, экобентокорм), так и промышленных минеральных комплексов [10, 11, 12].

В наших исследованиях мы изучили влияние разных минеральных гранулированных комплексов производства «УралХим» на уровень мясной продуктивности и качественные показатели мяса молодняка свиней на откорме.

Материалы и методы. Опыт проводился на свиноферме «Агрофирмы «Восток» Николаевского района Волгоградской области. Для проведения опыта на «Агрофирме «Восток» по методу пар-аналогов были сформированы 1 контрольная группа и 3 опытные группы животных породы СМ-1 в возрасте 90 дней по 10 голов в каждой. Подопытные животные содержались в помещениях по группам. Подсвинки контрольной группы получали комбикорм СК-6 и СК-7. У молодняка свиней 1 опытной группы минеральная часть комбикорма была заменена на минеральный гранулированный комплекс, выработанный по рецепту №1, 2 опытной – по рецепту №2 и 3 опытной – по рецепту №3.

Таблица 1 – Состав минерального комплекса, %

Table 1 – The composition of the mineral complex, %

Компонент / Component	Рецепт комплексов / Complex recipe		
	№1	№2	№3
Мел / chalk	48	40	45
Брусит / Brucite	38	40	37
Поваренная соль / Salt	14	20	18

Интенсивность роста молодняка определяли по результатам ежемесячных взвешиваний. В возрасте 180 дней проводили анализ мясной продуктивности подсвинков по данным контрольного убоя и обвалки туш по 3 головы из каждой группы. Контрольный убой проводили на убойном пункте «Агрофирмы «Восток». Химический и биохимический составы мякоти туш анализировали по общепринятым методикам в НИЦ «Черкизово» и научно-исследовательской лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» Волгоградского ГАУ.

Результаты и обсуждение. В ходе исследований установлено, что предубойная масса подопытных подсвинков I, II и III опытных групп была больше, чем в контрольной группе на 3,44; 4,33 и 1,97 % (рисунок 1, таблица 2).

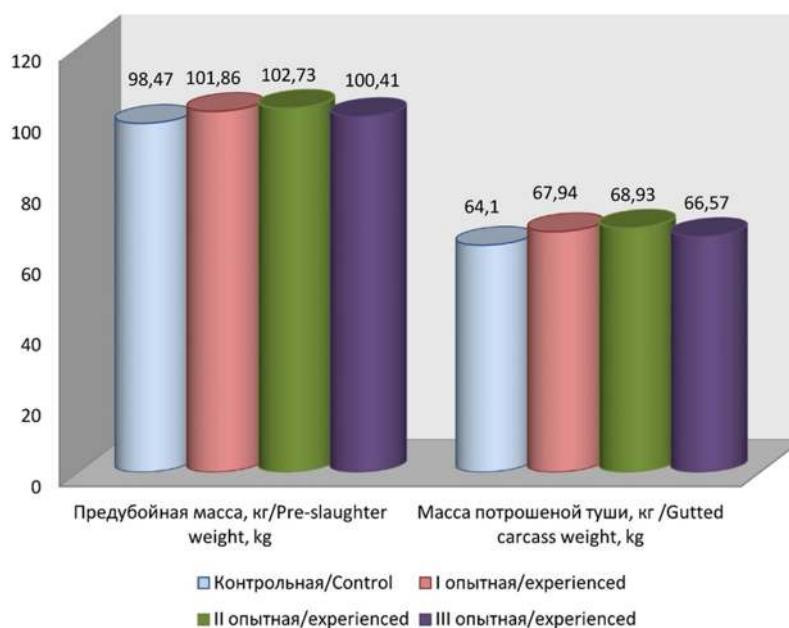


Рисунок 1 – Предубойная масса и масса потрошеной туши подопытных животных, кг

Figure 1 - Pre-slaughter weight and gutted carcass weight of experimental animals, kg

Показатель выхода туши у опытных групп был выше, чем в контроле, на 1,60; 2,00 и 1,20 %.

Масса внутреннего сала у молодняка, получавшего минеральный гранулированный комплекс, была больше в сравнении с аналогами из контрольной группы на 15,25 % ($P > 0,95$); 22,71 % ($P > 0,99$) и 13,22 % ($P > 0,95$).

Превосходство по убойной массе подопытных подсвинков I, II и III опытных групп над аналогами из контроля составило 4,29 кг ($P > 0,999$); 5,50 кг ($P > 0,999$) и 2,86 кг ($P > 0,999$). Убойный выход при этом у них был выше, чем у подопытных животных из контроля, на 1,95; 2,53 и 1,53 %.

Таблица 2 – Убойные показатели подопытного молодняка (n=3)

Table 2 – Slaughter indicators of experimental young animals (n = 3)

Группа / Group	Показатель / Parameter							
	Предубойная масса, кг / Slaughter mass, kg	Масса потрошенной туши, кг / Weight of gutted carcass, kg	Выход туши, % / Mascara carcass, %	Масса внутреннего сала, кг / The mass of internal fat, kg	Убойная масса, кг / Slaughter weight, kg	Убойный выход, % / Slaughter yield, %	Площадь мышечного глазка, см ² / Muscle eye area, cm ²	Длина туши, см / The length of the carcass, cm
Контрольная / control	98,47±0,31	64,10±0,28	65,10	2,95±0,11	67,05±0,29	68,09	32,81±0,11	107,11±0,13
I опытная / experimental	101,86±0,24	67,94±0,19	66,70	3,40±0,13	71,34±0,17	70,04	33,48±0,09	108,34±0,16
II опытная / experimental	102,73±0,33	68,93±0,26	67,10	3,62±0,09	72,55±0,26	70,62	34,81±0,14	108,96±0,11
III опытная / experimental	100,41±0,27	66,57±0,24	66,30	3,34±0,14	69,91±0,21	69,62	33,16±0,12	107,88±0,12

О развитии мякотной части туши в определённой степени можно судить по площади мышечного глазка. Площадь мышечного глазка туш у молодняка I, II и III опытных групп была больше, чем в контроле, соответственно на 2,04 % ($P > 0,99$); 6,09 % ($P > 0,999$) и 1,07 % ($P > 0,95$). Наиболее значительный показатель длины туш установлен также у подсвинков, потреблявших с рационом минеральный комплекс. Так, молодняк I, II и III опытных групп превосходил аналогов из контроля по данному признаку на 1,23 см ($P > 0,99$); 1,85 см ($P > 0,999$) и 0,77 см ($P > 0,95$).

Обвалка туш показала, что у особей опытных групп была больше масса мякоти. Так, по массе мякоти туш молодняк свиней I, II и III опытных групп превосходил аналогов из контроля (таблица 3, рисунок 2). Выход мякоти в тушах у молодняка опытных групп был выше соответственно на 0,92; 1,75 и 0,66 %.

Выход сала в тушах молодняка, потреблявшего с рационом гранулированный комплекс, был выше, чем у аналогов из контроля, на 0,27; 0,50 и 0,15 %. Следует отметить, что масса костей и выход костей были больше в тушах особей контрольной группы.

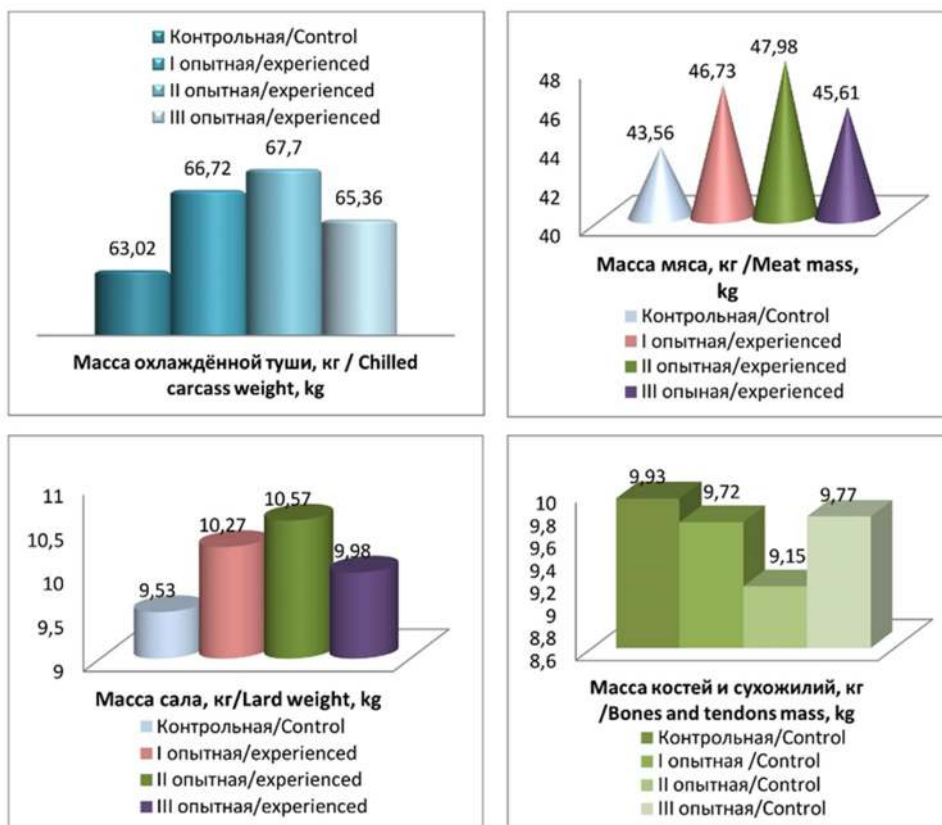


Рисунок 2 – Морфологический состав туши подопытных подсвинков

Figure 2 – Morphological composition of the experimental pigs' carcasses

По массе сала в тушах подсвинки I, II и III опытных групп превосходили аналогов из контроля (рисунок 2).

Таблица 3 – Морфологический состав туш (n=3)

Table 3 – Morphological composition of carcasses (n = 3)

Группа / Group	Показатель / Parameter		
	Выход мяса, % / The yield of meat, %	Выход сала, % / The yield of fat, %	Выход костей и сухожилий, % / The output of bones and tendons, %
Контрольная / control	69,12	15,12	15,76
I опытная / experimental	70,04	15,39	14,57
II опытная / experimental	70,87	15,62	13,51
III опытная / experimental	69,78	15,27	14,95

Таким образом, введение в рацион подсвинков на откорме минерального гранулированного комплекса оказало общее положительное влияние на морфологический состав их туш.

Пищевая ценность мяса сельскохозяйственных животных во многом зависит от его химического состава. Химический состав характеризует функциональную зрелость мяса, его биологическую ценность.

Результаты анализов показали, что в средней пробе мякоти молодняка свиней I, II и III опытных групп сухого вещества, белка, жира и золы содержалось больше, чем у аналогов из контрольной группы (рисунок 3).

Химический анализ длиннейшего мускула спины подопытного молодняка также показал превосходство опытных групп над аналогами из контроля (таблица 4).

Следовательно, введение в рацион молодняка свиней минерального гранулированного комплекса способствовало повышению содержания в мякоти их туш сухого вещества, белка и жира.

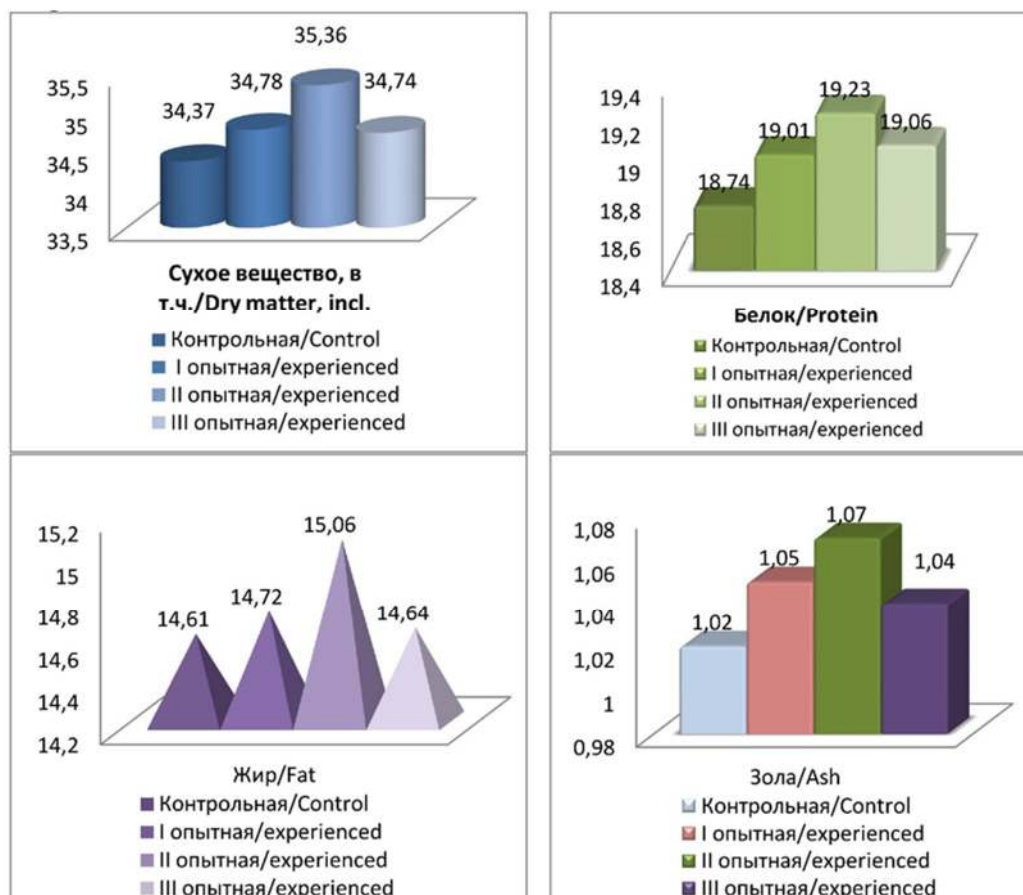


Рисунок 3 – Химический состав средней пробы мякоти туш, % (n=3)

Figure 3 – Chemical composition of the average sample of carcass pulp, % (n = 3)

Потребительские свойства мяса тесно связаны не только с количеством содержащегося в нём белка, но и его качеством, которое, в свою очередь, зависит от аминокислотного состава. Аминокислоты в свою очередь имеют различную биологическую ценность.

Таблица 4 – Химический состав длиннейшего мускула спины подопытного молодняка, % (n=3)

Table 4 – Chemical composition of the longest back muscle of experimental young animals, % (n = 3)

Показатель / Parameter	Группа / Group			
	контрольная / control	I опытная / experimental	II опытная / experimental	III опытная / experimental
Сухое вещество, в т.ч. / Dry matter, incl.	25,02±0,09	25,50±0,08	25,84±0,12	25,21±0,09
Белок / protein	21,39±0,07	21,70±0,06	21,98±0,05	21,52±0,08
Жир / fat	2,63±0,04	2,78±0,04	2,82±0,02	2,68±0,05
Зола / ash	1,00±0,03	1,02±0,02	1,04±0,03	1,01±0,04

Результаты проведённых анализов показали, что в длиннейшем мускуле спины подсвинков опытных групп, потреблявших с рационом минеральную гранулированную добавку, аминокислоты триптофана содержалось больше в сравнении с аналогами из контроля и незаменимой аминокислоты оксипролина содержалось больше в длиннейшем мускуле спины молодняка контрольной группы (рисунок 4).

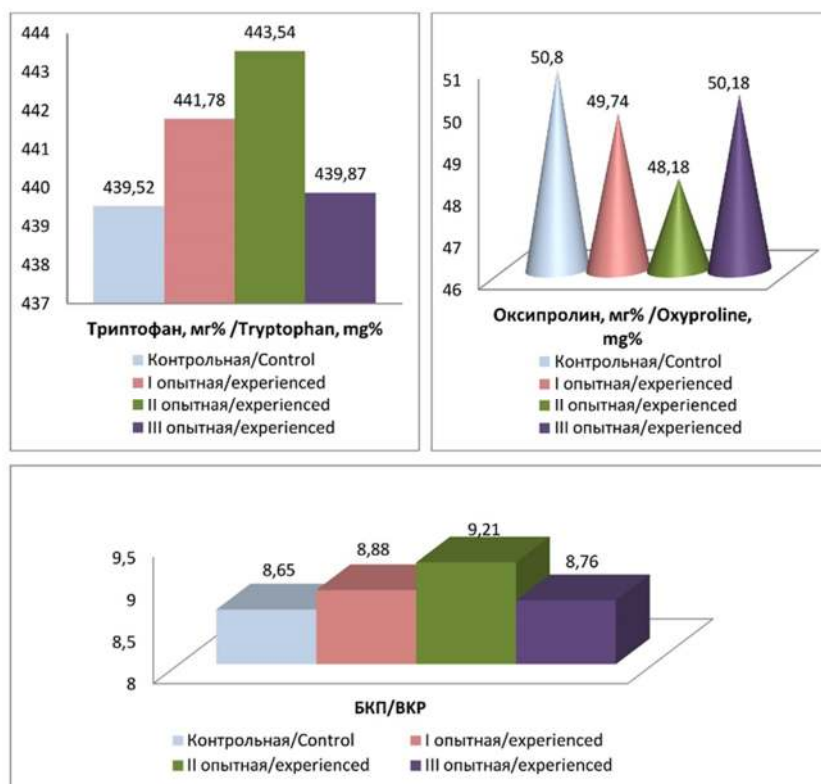


Рисунок 4 – Аминокислотный состав длиннейшего мускула спины (n=3)

Picture 4 – Amino acid composition of the longissimus dorsi muscle (n = 3)

В связи с этим у особей опытных групп был выше белковый качественный показатель в сравнении с контролем на 0,23; 0,56 и 0,11.

Таблица 5 – Кулинарно-технологические показатели длиннейшего мускула спины (n=3)

Table 5 – Culinary and technological indicators of the longest back muscle (n=3)

Показатель / Parameter	Группа / Group			
	Контрольная / control	I опытная / experimental	II опытная / experimental	III опытная / experimental
Влагоудерживающая способность, % / Water retention ability, %	56,41±0,11	56,78±0,15	57,09±0,08	56,60±0,12
Увариваемость, % / Weldability, %	35,64±0,09	35,10±0,11	34,82±0,13	35,22±0,08
КТП / СТР	1,58	1,62	1,64	1,61
pH	6,12	6,15	6,16	6,12

При оценке потребительских качеств мяса сельскохозяйственных животных, кроме его химического и биохимического состава, учитываются кулинарно-технологические свойства. Одним из важных технологических показателей является pH мяса. Исследования показали, что pH мяса во всех подопытных группах был в пределах нормы и варьировал в узких пределах. Показатель влагоудерживающей способности мяса был также выше у подсвинков, потреблявших с рационом минеральный гранулированный комплекс (таблица 5).

Выводы. Введение в рацион молодняка свиней на откорме минерального гранулированного комплекса, выработанного по рецепту №1, №2 и №3, оказало положительное влияние на интенсивность роста, мясную продуктивность и качественные показатели мясного сырья.

Молодняк свиней, потреблявший с рационом гранулированную добавку, имел более высокие показатели мясной продуктивности. Масса туш была больше, чем у аналогов из контроля, на 4,83 кг. Уровень рентабельности производства свинины в опытных группах был выше – на 6,10; 6,39 и 3,13 %. При этом наиболее высокий эффект был получен при использовании в кормлении молодняка свиней на откорме минерального гранулированного комплекса, выработанного по рецепту № 2.

Библиографический список

1. Бетин А. Н. Кормовая добавка "АФЛУКСИД" и ее влияние на продуктивность поросят // Свиноводство. 2017. № 5. С. 32-35.
2. Биохимические показатели крови свиней при оценке качественных характеристик мяса / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, В. А. Бараников, Д. В. Николаев, В. И. Водяников, В. В. Лодянов // Свиноводство. 2019. № 1. С. 31-35.
3. Влияние кормовых добавок на воспроизводительные качества хряков – производителей / А. Т. Варакин, С. И. Николаев, В. В. Саломатин, Д. К. Кулик, Е. А. Харламова // Зоотехния. 2017. № 6. С. 28-30.
4. Перевариваемость и использование питательных веществ корма хряками-производителями при введении в рационы минеральных добавок / А. А. Саломатин, А. Т. Варакин, Р. Н. Муртазаева, В. А. Корнилова // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 2. С. 3-10.
5. Пути повышения качества свиноводческой продукции / Г. М. Шулаев, В. Ф. Энговатов, Р. К. Милушев, А. Н. Бетин // Зоотехния. 2019. № 2. С. 12-14.
6. Саломатин В. В., Варакин А. Т., Кулик Д. К. Комплексная минеральная добавка в рационах хряков-производителей // Вестник Башкирского ГАУ. 2018. № 4 (48). С. 97-102.
7. Consequences of dietary calcium and phosphorus depletion and repletion feeding sequences on growth performance and body composition of growing pigs / E. Gonzalo, M. P. Létourneau – Montminy, A. Narcy, J. F. Bernier, C. Pomar // Animal C. 2018. V. 12. P. 1165-1173. doi:10.1017/S1751731117002567
8. Effects of sodium selenite and L-selenomethionine on feed intake, clinically relevant blood parameters and selenium species in plasma, colostrum and milk from high-yielding sows / M. Falkae, P. Lebedb, A. Bernhoftc, T. Framstadd Anja, B. Kristoffersenc Brit Salbut, M. Oropeza-Moe // <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.12.009>.
9. Environmental impacts of precision feeding programs applied in pig production / I. Andretta, L. Hauschild, P. G. Kipper, S. Pires, C. Pomar // Animal. 2018. V. 12. P. 1990-1998. doi:10.1017/S1751731117003159
10. Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing / C. Pomar, J. Rivest, L. Cloutier, M. P. Letourneau-Montminy, I. Andretta, L. Hauschild // Nutritional modelling for pigs and poultry. CABI, Wallingford, 2015. 304 p.
11. Pigs receiving daily tailored diets have different amino acid requirements than pigs raised in conventional phase feeding systems. / A. Remus, M. P. Létourneau Montminy, L. Hauschild, C. Pomar // J. Anim. Sci. 2017. V. 95(supplement 2). P. 134-135. doi:10.2527/asasmw.
12. Pomar C., Andretta I., Hauschild L. Meeting individual nutrient requirements to improve nutrient efficiency and the sustainability of growing pig production systems // Achieving sustainable production of pig meat no. 2. Burleigh Dodds Science Publishing, Sawston, Cambridge, 2017. P. 287-298.

Conclusions. The introduction into the diet of young pigs on fattening of the mineral granular complex developed according to recipes No. 1, No. 2 and No. 3 had a positive effect on the growth rate, meat productivity and quality indicators of raw meat.

Young pigs that consumed the pelleted supplement with the diet had higher indicators of meat productivity. The mass of carcasses was 4.83 kg more than that of analogs from the control. The level of profitability of pork production in the experimental groups was higher - by 6.10; 6.39 and 3.13%. At the same time, the highest effect was obtained when using a mineral granular complex developed according to recipe No. 2 in feeding young pigs for fattening.

Reference

1. Betin A. N. Feed additive "AFLUXID" and its influence on the productivity of piglets // Pig breeding. 2017. No. 5. P. 32-35.
2. Biochemical parameters of pig blood in assessing the quality characteristics of meat / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, V. A. Baranikov, D. V. Nikolaev, V. I. Vodyannikov, V. V. Lodyanov // Pig breeding. 2019. No. 1. P. 31-35.
3. Influence of feed additives on the reproductive qualities of boars - producers. / A. T. Varakin, S. I. Nikolaev, V. V. Salomatin, D. K. Kulik, E. A. Kharlamova // Zootechnics. 2017. No. 6. P. 28-30.
4. Digestibility and utilization of feed nutrients by producer boars when mineral supplements are introduced into the diets / A. A. Salomatin, A. T. Varakin, R. N. Murtazaeva, V. A. Kornilova // Feeding of farm animals and forage production. 2019. No. 2. P. 3-10.
5. Ways to improve the quality of pig products / G. M. Shulaev, V. F. Engovatov, R. K. Milushev, A. N. Betin // Zootechnics. 2019. No. 2. P. 12-14.
6. Salomatin V.V., Varakin A.T., Kulik D.K. Complex mineral supplement in the diets of breeding boars // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2018. №4 (48). P. 97 - 102.
7. Consequences of dietary calcium and phosphorus depletion and repletion feeding sequences on growth performance and body composition of growing pigs / E. Gonzalo, M. P. Létourneau – Montminy, A. Narcy, J. F. Bernier, C. Pomar // Animal C. 2018. V. 12. P. 1165-1173. doi:10.1017/S1751731117002567
8. Effects of sodium selenite and L-selenomethionine on feed intake, clinically relevant blood parameters and selenium species in plasma, colostrum and milk from high-yielding sows / M. Falkae, P. Lebedb, A. Bernhoftc, T. Framstadd Anja, B. Kristoffersenc Brit Salbub, M. Oropeza-Moe // <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.12.009>.
9. Environmental impacts of precision feeding programs applied in pig production / I. Andretta, L. Hauschild, P. G. Kipper, S. Pires, C. Pomar // Animal. 2018. V. 12. P. 1990-1998. doi:10.1017/S1751731117003159
10. Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing / C. Pomar, J. Rivest, L. Cloutier, M. P. Letourneau-Montminy, I. Andretta, L. Hauschild // Nutritional modelling for pigs and poultry. CABI, Wallingford, 2015. 304 p.
11. Pigs receiving daily tailored diets have different amino acid requirements than pigs raised in conventional phase feeding systems. / A. Remus, M. P. Létourneau Montminy, L. Hauschild, C. Pomar // J. Anim. Sci. 2017. V. 95(supplement 2). P. 134-135. doi:10.2527/asasmw.
12. Pomar C., Andretta I., Hauschild L. Meeting individual nutrient requirements to improve nutrient efficiency and the sustainability of growing pig production systems // Achieving sustainable production of pig meat no. 2. Burleigh Dodds Science Publishing, Sawston, Cambridge, 2017. P. 287-298.

Authors Information

Nikolaev Sergey Ivanovich, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences.

Vera Vladimirovna Shkalenko, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Biological Sciences.

Randelin Alexander Vasilyevich, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences.

Syuliev Leonid Aleksandrovich, senior lecturer of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

Batrakova Yulia Mikhailovna, postgraduate student of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

Информация об авторах

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>

Шкаленко Вера Владимировна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1627-4597>

Ранделин Александр Васильевич, 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/0000-0001-7739-267X>

Сюльев Леонид Александрович, старший преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0071-1905>

Батракова Юлия Михайловна, аспирант факультета «Биотехнологии и ветеринарная медицина» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6517-770X>

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-32

THE ROE DEER IN CENTRAL YAKUTIA: POPULATION AND PECULIARITIES OF HUNTING

V.V. Velichenko

*Research Institute of Applied Ecology of the North «North-East Federal University
named after M.K. Ammosov», Yakutsk, Russia*

Received 06.05.2020

Submitted 25.08.2020

*The study was carried out as part of the implementation of Project no. FSRG-2020-0018
«The study of functioning patterns of the Arctic and Subarctic ecosystems of Yakutia
under conditions of the increased technogenic impact and global climate change»
of the State assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation*

Summary

The article discusses the rational exploitation of roe deer in Central Yakutia. As a result of the growth in numbers, roe deer become a demanded hunting resource. The production quota is limited to 110 permits. To better meet the demands of hunters, it is proposed to conduct collective hunts. A prerequisite for collective hunting is safety.

Abstract

Introduction. The Siberian roe deer is becoming even more popular game species due to its population growth in Central Yakutia. This yields the problem of increased hunters' demands at the limited number of issued hunting quotas. Considering the complicated arrangement of individual hunting due to natural characteristics of the territory, cooperative hunting should be brought into more widespread use. **Object.** The study object is the Siberian roe deer (*Capreolus pygargus* Pallas, 1771) in Central Yakutia. **Materials and methods.** The paper is based on the published works of Yakutian scientists, the results of aerial censuses of the species, as well as the documented information from the Department of game management and protected areas of the Ministry of nature conservation of the Republic of Sakha (Yakutia). The data were processed by means of the grouping method. **Results and conclusions.** The Siberian roe deer population size in Central Yakutia trends upward provided by sufficient fodder base, lack of snowy winters and properly protected habitats. For better accessibility to hunt, an electronic draw procedure is introduced on the portal of central and local government services of the Republic of Sakha (Yakutia). The most efficient roe deer hunting strategy under conditions of Central Yakutia is drive hunting. Considering increased hunters' demands at the limited number of issued hunting quotas, cooperative hunting should be propagandized. This would allow a significantly larger number of people to hunt and to discipline themselves to the hunting ethics. It is advisable to prohibit the use of the rifled gun during cooperative hunting in the area lacking deer stands.

Keywords: *abundance, quotas, north, conditions, methods of hunting, features, hunting effectiveness, collective hunting.*

Citation. Velichenko V.V. The roe deer in Central Yakutia: population and peculiarities of hunting *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 297-307 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-32.

Conflict of interest. The author states the absence of the conflict of interests.

УДК 639.111:630*15(212.3)

КОСУЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ: ЧИСЛЕННОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ ОХОТЫ

В. В. Величенко, кандидат биологических наук, биолог-охотовед

НИИ прикладной экологии Севера ФГАОУ ВПО

«Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск

Дата поступления в редакцию 06.05.2020

Дата принятия к печати 25.08.2020

*Исследования проведены в рамках выполнения проекта № FSRG-2020-0018
«Изучение особенностей функционирования арктических и субарктических экосистем
Якутии в условиях усиления техногенного воздействия и глобального изменения климата»
Государственного задания МНВО РФ*

Актуальность. В связи с ростом численности сибирской косули в угодьях Центральной Якутии данный вид пользуется все большей популярностью среди охотников. Возникает необходимость более полного удовлетворения запросов охотников на фоне ограниченности установленных квот. Учитывая сложность проведения индивидуальных охот, определяемую природными особенностями территории, предлагается шире внедрять коллективные охоты. **Объект.** Объектом исследований является сибирская косуля (*Capreolus pygargus* Pallas, 1771) Центральной Якутии. **Материалы и методы.** Материалами для данной статьи явились научные труды ученых Якутии, результаты авиаучетов косули, а также документированная информация Департамента охотничьего хозяйства и ООПТ Минприроды Республики Саха (Якутия). Для обработки данных использовался метод группировок. **Результаты и выводы.** Численность сибирской косули в Центральной Якутии имеет тенденцию к росту, чему способствуют хорошая кормовая база, отсутствие многоснежных зим и достаточная охрана угодий. В целях повышения доступности к охоте в республике вводится электронная жеребьевка на портале государственных и муниципальных услуг Республики Саха (Якутия). Наиболее эффективным способом охоты на косулю в условиях Центральной Якутии является загонная охота. Учитывая возрастающие запросы охотников на фоне ограниченности квот на добычу косули, необходимо пропагандировать развитие коллективных охот, что позволит охотиться значительно большему числу охотников, приучая их к соблюдению охотничьей этики и дисциплины.

Ключевые слова: *численность, квоты, север, условия, способы охоты, особенности, результативность охот, коллективные охоты.*

Цитирование. Величенко В.В. Косуля Центральной Якутии: численность и особенности охоты. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 297-307. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-32.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сибирская косуля (*Capreolus pygargus* Pallas, 1771) для Центральной Якутии стала обычным видом, а в последние десятилетия численность вида из года в год растет. Это является результатом естественного расселения вида, помноженного на комплекс воспроизводственных мероприятий и действенной охраны. Движение численности косули за период с 1961 по 2009 год характеризовалось некоторой цикличностью: подъем в начале периода сменялся фазой депрессии в начале 70-х годов, а затем вновь наступил период роста численности, который продолжается по настоящее время

[1, 3]. Если в последние десятилетия XX века речь шла о необходимости сохранения численности, то сейчас косуля является одним из основных объектов любительской охоты не только в Якутии, но и в Амурской области [6].

Материалы и методы. Рост численности подтверждается материалами мониторинга, в рамках которого в период с 31 октября по 5 ноября 2016 года на территории Центральной Якутии был проведен авиаучет численности косули. Всего было выполнено 11 маршрутов, продолжительность полетов составила 55 часов. Всего с учетом было пройдено 7781 км, в том числе: на Лено-Вилуйском междуречье – 3516 км, на Лено-Алданском междуречье – 4265 км. На маршрутах было встречено 1073 косули (в том числе 580 – на территории Лено-Вилуйского междуречья и 493 – на Лено-Амгинском). Для учетных работ использовался американский вертолет «Robinson Raven II». Преимущество легкомоторных вертолетов «Robinson» заключается в хорошем обзоре, маневренности машины, однако серьезным недостатком является небольшая дальность полета, ограниченная 500 км, в связи с чем маршруты имели привязку к пунктам дозаправки, расположенным в с. Ытык-Кель, Амга и Бердигестях, что значительно ограничивало дальность маршрутов [4]. Кроме авиаучетов численность косули оценивается маршрутным методом, что повышает достоверность учетов. В европейских странах, где численность косули значительно выше, для учетов применяются фотоловушки [8]. При этом значительная часть животных учитывается и добывается в открытых угодьях [10, 11].

В целом на территории Центральной Якутии по данным авиаучетных работ, проведенных в 2016 году, общая численность косули оценивается в 19300 особей. В том числе на территории Лено-Вилуйского междуречья обитает порядка 7350 особей, на территории Лено-Амгинского междуречья – 11950 особей. Общая площадь зоны сплошного обитания вида составила, по данным авиаучетных работ, 176,8 тыс. км², в том числе на Лено-Вилуйском междуречье – 74,5 тыс. кв. км, на Лено-Амгинском – 102,3 тыс. кв. км.

По данным предыдущего авиаучета, проведенного на этой же территории в ноябре 2009 года, численность косули оценивалась в 9600 особей, в том числе 2500 зверей обитало на Лено-Вилуйском междуречье, около 7100 – на Лено-Амгинском. В сравнении с данными 2009 года в целом по региону произошло значительное увеличение численности сибирской косули. При этом, если на Лено-Вилуйском междуречье численность вида выросла почти втрое, то на Лено-Амгинском междуречье в 1,7 раза [5].

Плотность населения сибирской косули в средних по качеству для данного вида угодьях составляет 1,1-2,2 ос./1000 га, в лучших – 6,51-8,77 ос./1000 га. Это позволяет уполномоченному органу республики ежегодно выдавать до 1100 разрешений на отстрел сибирской косули, благодаря чему этот вид становится наиболее востребованным и желанным трофеем для охотников Центральной Якутии. Кроме Центральной Якутии косулю добывают только в двух районах: Олекминский (Юго-западная Якутия) и Томпонский (Восточная Якутия). В сезон 2018/2019 гг. несколько разрешений выдано в Сунтарский район (Вилуйская группа районов).

Результаты и обсуждение. Зона повышенной плотности населения вида охватывает территорию ГО «Город Якутск» (Якутский район) и примыкающие к ней районы. Данная зона характеризуется высокой степенью хозяйственного освоения, здесь много сенокосных угодий, пастбищ, довольно густая сеть дорог. Значительные площади заняты березовыми колками и лиственнично-березовыми лесами с обилием кустарниковых полян и аласов (лугов). Много на этой территории разновозрастных гарей [3].

Однако и здесь животные избегают широких водоразделов, покрытых большими массивами леса. Они встречаются в основном по мелкодолинным суходольным речкам и ручьям. В их территориальном распределении явно выступает тяготение к обширным таежно-аласным, лугостепным угодьям [1]. По мере удаления на восток и запад плотность населения вида падает, поскольку мозаичность угодий снижается; насаждения представле-

ны в основном большими массивами лиственнично-березовых лесов. Условия обитания влияют на численность косули, подтверждением чего является высокая плотность населения вида в Аппенинах (Италия), где данный показатель составляет 18,74...29,05 ос./км² [8].

Таким образом, следует констатировать, что при достаточно высокой численности в зимний период косули все же предпочитают опушечные участки, примыкающие к открытым пространствам аласов (лугов), на которых в стогах и стожках находится большое количество сена для домашнего скота. В некоторых местах опушки буквально истоптаны косулями, регулярно подходящими к сену (рисунок 1).



Рисунок 1 – Следы косули, ведущие к стожкам сена на аласе

Figure 1 – The tracks of a ROE deer leading to the hay in the meadow

Но подобную картину можно наблюдать только в тех местах, где сено доступно для диких копытных; очень часто сено надежно огораживается плотной изгородью и в таком виде хранится до момента вывоза, что препятствует доступу животных. На таких участках можно наблюдать только проходные следы косули (рисунок 2).



Рисунок 2 – Огороженные стожки сена; следов косули нет

Figure 2 – Fenced haystacks; no traces of ROE deer

Все вышеперечисленное способствует успешности охоты на косулю в большинстве районов Центральной Якутии. Согласно данным мониторинга за 2016-2018 гг. процент освоения лимита выдаваемых разрешений на косулю достаточно высокий и составляет в среднем за три последних сезона 73,3 % от общего количества выданных (таблица 1). Однако по районам этот показатель существенно варьирует от 45,7 до 93,3 %.

Таблица 1 – Результативность охоты на косулю в Центральной Якутии

Table 1 – The performance of hunting for ROE deer in Central Yakutia

Административные районы / Administrative districts	Выделенная квота / Dedicated quota	Выдано разрешений / Permits issued	Добыто / Extracted		Освоение разрешений, % / Approved, %
			Всего / Just	в т.ч. самцов / including males	
Амгинский / Amginsky	83	81	37	23	45,7
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	62	62	19	11	30,3
Горный / Gorny	122	119	94	64	79,2
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	50	50	29	21	57,0
Мегино-Кангаласский / Megino-Kangalas	153	150	88	51	59,0
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	134	132	73	42	55,7
Намский / Namsky	196	196	115	86	58,5
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	175	175	94	74	53,8
Таттинский / Tattinsky	56	56	47	30	84,0
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	33	33	26	16	78,6
Усть-Алданский / Ust-Aldansky	73	73	56	44	77,5
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	51	52	47	53	89,9
Хангаласский / Hangalas	211	208	195	131	93,9
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	107	107	96	67	90,3
Чурапчинский / Churapczynski	54	53	43	30	81,6
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	44	44	35	23	80,3
МО Город Якутск / MO City of Yakutsk	85	83	71	36	84,8
в т.ч. общедоступные угодья / including public lands	3	2	0	0	0,0

Квоты определяются на основании результатов учетных работ, проводимых как силами охотников, так и работниками уполномоченного органа. Как видно, разрешения выдаются в основном на общедоступные угодья, распределением которых занимаются районные советы по охоте и рыболовству, с широким привлечением охотников-любителей. В последние годы для повышения открытости в республике вводится электронная жеребьевка на портале государственных и муниципальных услуг Республики

Саха (Якутия). Охотпользователи получают значительно меньше разрешений, чем обеспечивается возможность равного доступа к охоте рядовым охотникам. Исключением является МО «Город Якутск», на территории которого охота производится в границах охотпользователей, предоставляющих преимущественное право на охоту городским охотникам.

То, что в среднем добывается больше самцов, определяется предпочтениями охотников, которые на первое место ставят не добычу мяса, а трофейные качества самцов косули. Пока пресс охоты невелик, добыча не влияет на поло-возрастную структуру популяции, но в дальнейшем необходимо учесть опыт европейских специалистов по регулированию добычи путем квотирования по полу и возрасту [9]. При этом нельзя допустить ухудшения качества трофеев [12].

Продолжая обсуждение вопроса результативности охот, необходимо иметь в виду особенности их проведения в условиях Севера, отличающегося суровыми погодными условиями уже в начале зимы. Основные способы любительской охоты на данный вид хорошо известны; они достаточно широко представлены в охотничьей литературе, а в последние годы – и в сети интернет. Среди них: загонная охота, охота с собакой, подкарауливание на местах кормежки, скрадывание на местах кормежки, а также охота на самцов в период гона. Нужно отметить, что после окончания гона самцы косули еще долго «облаивают» приближающихся охотников, даже реагируют на звуки манка, но при этом или стоят на безопасном расстоянии за кустами, или уходят, если охотник начинает к ним приближаться.

В Якутии наиболее распространенными способами охоты на косулю в последние годы являются загонная охота и охота с подхода, реже для охоты используют охотничьих собак. Загонная охота является весьма эффективным способом охоты, чему способствует значительная мозаичность угодий Центральной Якутии. Как правило, загон устраивают в небольших массивах леса, окруженных открытыми участками. Стрелки расставляются на открытых участках по одной из сторон лесного массива, а загонщики заходят внутрь массива и выгоняют зверя на стрелков. Если загон проводят в сплошных массивах лесных насаждений, то стрелки расставляются вдоль немногочисленных просек или лесных дорог. Поскольку число охотников в районах Центральной Якутии весьма значительное, намного превышающее количество выдаваемых разрешений, данный вид охоты необходимо развивать для более полного удовлетворения возрастающих запросов.

Некоторое недоумение вызывает использование на загонных охотах нарезного оружия без охотничьих вышек, то есть когда стрелок стоит на земле. Эпизодами подобных охот изобилует интернет. Учитывая особую склонность пуль нарезного оружия к рикошету, использование карабинов должно быть запрещено на законодательном уровне. Это в первую очередь объясняется элементарными правилами техники безопасности [6]. В классическом её понимании в процессе проведения загонных и других видов коллективных охот, использование нарезного оружия категорически запрещено. Во всяком случае, так было до тех пор, пока в продаже не появилось нарезное охотничье оружие.

Следует добавить, что большинство охотников в настоящее время используют оптические прицелы, что тем более увеличивает вероятность несчастных случаев, поскольку в азарте, в момент выцеливания бегущего зверя через оптику, неопытные охотники часто забывают о границах своего сегмента стрельбы, который обычно огораживается при постановке на номер. Более того, в момент подготовки к выстрелу некоторые охотники присаживаются на колено для стрельбы с упора, также значительно ограничивая при этом обзор.

К сожалению, значительная доля охотников в последние годы все чаще предпочитает охоту на косулю с автотранспортных средств, поскольку это наименее затратный и, как правило, добычливый способ охоты. Не хочется верить, но охотники, похоже, не знают или недооценивают категорический запрет использования автотранспорта в процессе охоты, иначе бы это явление не приобретало столь массовый характер [2]. На охотничьих порталах идет оживленная дискуссия по поводу данного вопроса: можно ли перевозить в автомашине огнестрельное оружие и что в данном случае считается процессом охоты. На наш взгляд, ответ очевиден: находясь в охотничьих угодьях, то есть вне дорог общего пользования, охотничье оружие в автотранспорте перевозить, конечно же, можно, но только в зачехленном виде. В противном случае действия охотника уже можно квалифицировать как использование транспортного средства для поиска животных, их выслеживания или преследования в целях добычи, а это уже подразумевает возможность уголовного наказания. Тем более, стрельба по животным с движущегося транспортного средства с невыключенным мотором категорически запрещена.

Из этого можно сделать только один вывод: автотранспортные средства должны использоваться только для доставки людей или орудий охоты к месту ее проведения или, иными словами, для заезда к месту проведения охоты, а дальше... пешком! Только в этом случае охотник будет иметь возможность подышать чистым лесным воздухом, пройдя доступное ему по силам расстояние, что весьма полезно для здоровья и что действительно подтвердит его статус охотника-любителя!

К сожалению, приходится встречаться и с фактами незаконной охоты, о чем свидетельствуют следы от автомобилей повышенной проходимости, петляющие вдоль опушек лесных массивов. Еще хуже, когда «охотники» используют автотранспорт в ночное время, тем более с применением мощных световых приборов. Подобные случаи должны выявляться, а виновные в нарушении правил охоты должны привлекаться к ответственности. Задача специалистов и охотничьей общественности состоит в пропаганде законной охоты и создания нетерпимого отношения к нарушителям правил охоты!

Но оставим на совести горе-охотников их жалкие попытки добыть любой ценой кусок мяса, и поговорим о настоящей ходовой охоте, которая оставляет в памяти охотника поистине незабываемые впечатления: и от самой охоты, и от общения с суровой северной природой.

Во все времена для настоящих ценителей пешей охоты, настоящих охотников-любителей на копытных, наибольшее удовольствие доставляет именно охота на косулю с подхода. Данный способ требует от охотника знания биологии и повадок зверя, навыков ориентирования на местности, хорошей физической подготовки, умения бесшумно передвигаться в лесу. О стрельбе по бегущему в лесу зверю мы поговорим ниже, а пока нужно напомнить, что обязанностью каждого охотника является стрельба только по хорошо видимой цели для исключения несчастных случаев и подранков.

Ходовую охоту на косулю в условиях Центральной Якутии можно условно разделить на три периода: первый – с начала охотничьего сезона до выпадения первого снега, а средние даты появления снежного покрова в Центральной Якутии – с 27 сентября по 8 октября. В годы с ранней зимой снег выпадает раньше, а в годы с поздней – на несколько дней позже. Второй период – с начала появления снегового покрова до наступления сильных морозов. Как правило, морозы ниже 30-ти градусов начинаются в ноябре, а во второй-третьей декаде месяца дневная температура уже опускается ниже 35-ти градусов. Третий период – с начала сильных морозов до конца охотничьего сезона, то есть до 15 декабря. Таким образом, продолжительность охоты ограничена двумя с половиной месяцами, а учитывая быстрое сокращение светлого периода суток, буквально десятками часов, поскольку на охоту большинство охотников выезжает только в выходные дни.

Осенняя охота на косулю с подхода по чернотропу в Центральной Якутии особенно приятна. Этому способствует сухая, солнечная погода и полное отсутствие кровососущих насекомых. В это время звери наиболее упитанны, все взрослые самцы с рогами, представляя собой отличный охотничий трофей.

Единственное, что серьезно мешает нормальной ходьбе по осеннему лиственный лесу, – это наличие на напочвенном покрове сухого валежника. Дело в том, что сухие ветки лиственницы, в отличие от сосновых и тем более еловых, особо ломкие, и при наступании они ломаются с характерным сухим треском. В утренние и вечерние часы косули часто выходят на опушечные участки, поэтому, для того чтобы подойти к кормящемуся зверю, необходимо идти по кромке леса. Рассмотреть упавшие ветки не всегда удастся, особенно в травяных типах леса, поэтому передвигаться приходится с большой осторожностью, внимательно глядя под ноги, что отвлекает от постоянного осматривания местности в надежде увидеть зверей.

При таком способе охоты временами удастся подойти к кормящимся зверям на близкое расстояние. Однако, если звери испугнуты, они с характерными для косули высокими прыжками быстро уходят от охотника, пытаясь как можно быстрее скрыться за деревьями или кустарниками. Единственным вариантом в этом случае является выстрел навскидку, но в высокополотном лесу, тем более на опушках, с наличием густого подлеска, стрелять по движущемуся зверю сложно даже из гладкоствольного ружья, не говоря уже о карабинах, тем более с оптикой.

Нам известны способы бесшумного передвижения в лесу путем «прекатывания стопы с пятки», но при этом существенно замедляется скорость передвижения, что снижает вероятность обнаружения зверя за счет серьезного сокращения пройденного расстояния. Плотность косули в Якутии не столь высокая, что заставляет проходить значительные расстояния для гарантированного обнаружения зверя. Данный вид бесшумного передвижения более подходит для охоты на реву, когда охотник, зайдя в лес, часто и надолго останавливается, прислушиваясь к лесным звукам, медленно и бесшумно переходя на новое место.

Местные охотники иногда охотятся в лесу по несколько человек, проходя по насаждениям цепью, выгнывая зверей и стреляя при этом в угон. Часто этим способом охотятся на все разрешенные виды дичи: зайца, лисицу, боровую дичь, а при наличии разрешений, и на косулю. Учитывая приверженность косули в осенний период к поймам ручьев, два охотника обычно проходят по двум берегам пойм небольших ручьев, что дает возможность обнаружения зверей на противоположном склоне; такие охоты бывают весьма добычливыми.

Охота на косулю с подхода (скрадом) по снегу в массивах леса имеет свои особенности. Нами неоднократно предпринимались попытки тропить сибирскую косулю в зимний период в лесу. К сожалению, увидеть зверей на участках, не покрытых лесом (поляны, прогалы), и в редицах, где выстрел может быть наиболее эффективен, удастся весьма редко, поскольку звери хорошо слышат идущего охотника и заблаговременно перемещаются на безопасное расстояние. Это опять-таки связано с особенностью передвижения охотников в лесных угодьях Центральной Якутии, тем более в условиях низких температур, когда столбик термометра опускается ниже отметки 30-35 градусов.

Во-первых, на сильном морозе снег при пешей ходьбе без лыж весьма громко скрипит. Попытки снизить шум за счет обертывания обуви шкурами копытных, по совету местных охотников, не привели к желаемому результату. Действительно, погружение обернутой обуви в толщу снега происходит бесшумно, но как только стопа, сминая толщу рыхлого снега, перестает погружаться и происходит само «наступление», раз-

дается характерный громкий «скрип», хорошо слышимый в зимнем лесу. К этому нужно добавить практически полное отсутствие ветра, благодаря чему любые звуки слышны особенно отчетливо.

Во-вторых, помимо скрипа снега, вызванного сильными морозами, особенностью лиственничных лесов является сильная захламленность насаждений, кроме всего прочего, осложняющая использование охотничьих лыж (рисунок 3). Помимо большого числа упавших деревьев, препятствующих прямолинейному движению, на поверхности земли, как мы уже упоминали выше, находится большое число сухих лиственничных веток различного диаметра, то есть валежника. Ветки тем более не видны под слоем снега, и при неожиданном наступании они ломаются с характерным сухим треском. При всей осторожности передвижения предвидеть это не представляется возможным, чему виной является относительно твердая подошва зимней обуви и слой снега.



Рисунок 3 – Захламленный участок старой гари по лиственничнику

Figure 3 – Cluttered section of old burning on larch

Наступление сильных морозов серьезно изменяет и внешний облик леса. На ветках деревьев и кустарников вначале появляется изморозь, которая по мере выпадения снега превращается в «кухту», что резко снижает просматриваемость насаждений, ограничивая видимость до нескольких метров. В этих условиях проведение охоты с подхода в средне- и высокополнотных насаждениях становится практически невозможным. В разраженных насаждениях, как было указано выше, подойти к зверю на расстояние выстрела из-за скрипящего снега очень сложно.

С наступлением сильных холодов процесс ходовой охоты еще более осложняется. Здесь речь идет уже не о «наслаждении природой», а скорее о некотором преодолении, напряжении сил и воли. Для защиты лица приходится использовать вязаные маски, периодически меняя, поскольку от дыхания они индевеют и становятся твердыми, не согревая. Но, несмотря на все трудности ходовой охоты, вызванные за-

хламленностью насаждений и климатическими особенностями региона, только этот вид охоты может доставить охотнику истинное удовлетворение, наполняя душу охотника приятными впечатлениями и воспоминаниями.

Выводы. Численность сибирской косули в Центральной Якутии имеет тенденцию к росту, чему способствует хорошая кормовая база, отсутствие многоснежных зим и достаточная охрана угодий.

Ходовая охота на косулю осложняется сильной захламленностью насаждений, а также особенностями северных лесов, что препятствует бесшумному передвижению в лесу. В то же время данный вид охоты является самым спортивным и в случае добычи зверя доставляет истинное удовлетворение охотнику–любителю.

Необходимо усилить разъяснительную и профилактическую работу среди охотников для искоренения случаев незаконной охоты с применением автотранспорта.

Наиболее эффективным способом охоты на косулю в условиях Центральной Якутии является загонная охота. Учитывая возрастающие запросы охотников на фоне ограниченности квот на добычу косули, необходимо пропагандировать развитие коллективных охот, что позволит охотиться значительно большему числу охотников, приучая их к соблюдению охотничьей этики и дисциплины.

Нерешенным вопросом является повсеместное использование нарезного оружия на коллективных охотах, что серьезно повышает риск несчастных случаев. Желательно запретить использования нарезного оружия на любых коллективных охотах в угодьях, не оборудованных стрелковыми вышками.

Библиографический список

1. Косуля Центральной Якутии / Аргунов А.В., Кривошапкин А.А., Боескоров Г.Г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. - 123 с.
2. Аргунов В.В. Динамика численности и использование ресурсов диких копытных в таежной части Якутии // Аграрный вестник Урала, № 07 (161), 2017. – С. 4-11
3. Кривошапкин А.А., Аргунов А.В. Численность сибирской косули (*Capreolus pygargus* pall., 1771) в Центральной Якутии//Амурский зоологический журнал, Том 5. № 1, 2013. – С. 97-104
4. Кривошапкин А.А. Материалы по динамике численности сибирской косули (*Capreolus pygargus* l.) в Центральной Якутии // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова, №5 (61), 2017. - С. 17-25.
5. Отчет «Аэровизуальный учет численности диких копытных в центральной и заречной группе районов Республики Саха (Якутия)» // ГКУ «Охрана, учет и воспроизводство охотничьих ресурсов и среды их обитания». – Якутск, 2016. – 74 с.
6. Сенчик А.В., Игата Х., Борматов М.Л. Анализ современного состояния популяции сибирской косули в Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник, №2 (42), 2017. – С. 103-107
7. Техника безопасности на охоте // http://armhunter.ru/magazine/Hunting_TB.html
8. Marcon A., Battocchio D., Apollonio M., Grignolio S. (2019) Assessing precision and requirements of three methods to estimate roe deer density. PLoS ONE. 14(10): e0222349.
9. Balčiauskas L., Varanauskas R., Bukelskis E. (2017) Impact of selective hunting on the trophy size of roe deer: Baltic example. North-western journal of zoology 13 (1): 118-127
10. Picardi, S., Basille, M., Peters, W., Ponciano, J. M., Boitani, L., Cagnacci, F. (2019). Movement responses of roe deer to hunting risk. The Journal of Wildlife Management, 83(1), 43– 51
11. Zaccaroni M, Dell’Agnello F, Ponti G, Riga F, Vescovini C, Fattorini L (2017) Vantage point counts and monitoring roe deer. J WildlManag 82:354–361
12. García-Ferrer D., Herrero J., Jimeno-Brabo P., Cruz Arnal M., García-Serranaj A., Fernández de Luco D. (2019) Can roe deer hunting be selective? A case study from the Pyrenees. Galemys, 31: 27-34

Conclusions. The Siberian roe deer population size in Central Yakutia trends upward provided by sufficient fodder base, lack of snowy winters and properly protected habitats. Still hunting is complicated in debris-strewn forests and northern woodlands where noiseless movement is impossible. At the same time, this hunting strategy is the most sporting and hunters truly enjoy it in case of a successful kill. It is required to increase awareness-raising activities and preventive conversations among the hunters to eradicate illegal hunting with the use of vehicles. The most efficient roe deer hunting strategy under conditions of Central Yakutia is drive hunting. Considering increased hunters' demands at the limited number of issued hunting quotas, cooperative hunting should be propagandized. This would allow a significantly larger number of people to hunt and to discipline themselves to the hunting ethics. The wide use of the rifled gun during cooperative hunting is still an open question due to the high risk of accidents resulting in injuries. It is advisable to prohibit the use of the rifled gun during cooperative hunting in the area lacking deer stands.

Reference

1. Roe deer of Central Yakutia // Argunov A.V., Krivoschapkin A.A., Boeskorov G.G. Novosibirsk: SO RAN, 2015. 123 p. (in Russian)
2. Argunov V.V. Dinamika chislennosti i ispol'zovanie resursov dikih kopytnyh v taezhnoj chasti Yakutii // Agrarnyy vestnik Urala. – 2017. – № 07 (161). – P. 4-11.
3. Krivoschapkin A.A., Argunov A.V. The number of Siberian roe deer (*Sapreolus pygargus* pall., 1771) in Central Yakutia/Amur zoological journal, Volume 5 No 1, 2013. - S. 97-104
4. Krivoschapkin A.A. Materialy po dinamike chislennosti sibirskoj kosuli (*Capreolus pygargus* l.) v Central'noj Yakutii // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. – 2017. – № 5 (61). – P. 17-25.
5. Otchet "Aerovizual'nyj uchet chislennosti dikih kopytnyh v central'noj i zarechnoj gruppe rajonov Respubliki Saha (Yajutiya) // GКУ "Ohrana, uchet i vosпроизводство ohotnich'ih resursov i sredy ih obitaniya". – Yakutsk, 2016. – 74 p.
6. Senchik A.V., Igata H., Bormatov M.L. Analysis of the current state of the Siberian roe deer population in the Amur region / Far Eastern Agricultural Gazette, No2 (42), 2017. S. 103-107
7. Tehnika bezopasnosti na ohote // http://armhunter.ru/magazine/Hunting_TB.html
8. Marcon A., Battocchio D., Apollonio M., Grignolio S. (2019) Assessing precision and requirements of three methods to estimate roe deer density. PLoS ONE. 14(10): e0222349.
9. Balčiauskas L., Varanauskas R., Bukelskis E. (2017) Impact of selective hunting on the trophy size of roe deer: Baltic example. North-western journal of zoology 13 (1): 118-127
10. Picardi, S., Basille, M., Peters, W., Ponciano, J. M., Boitani, L., Cagnacci, F. (2019). Movement responses of roe deer to hunting risk. The Journal of Wildlife Management, 83(1), 43– 51.
11. Zaccaroni M, Dell'Agnello F, Ponti G, Riga F, Vescovini C, Fattorini L (2017) Vantage point counts and monitoring roe deer. J WildlManag 82:354–361.
12. García-Ferrer D., Herrero J., Jimeno-Brabo P., Cruz Arnal M., García-Serran J. A., Fernández de Luco D. (2019) Can roe deer hunting be selective? A case study from the Pyrenees. Galemys, 31: 27-34.

Authors Information

Velichenko Valery Vladimirovich, leading researcher, the Scientific Secretary of D.D. Savvinov Scientific-Research Institute of Applied Ecology of the North, North-Eastern Federal University (43, Lenin Ave., Yakutsk, 677980), Candidate of Biological Sciences, e-mail: ipes-08@mail.ru

Информация об авторе

Величенко Валерий Владимирович, в.н.с., ученый секретарь «Научно-исследовательский института прикладной экологии Севера» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» (677980, г. Якутск, проспект Ленина, 43), кандидат биологических наук, e-mail: ipes-08@mail.ru

INFORMATIVE METHODS FOR DIAGNOSING DISEASES OF THE BREAST
AND UTERUS IN THE EARLY PUER-PERAL PERIODV. D. Kocharyan¹, V. S. Avdeenko², G. S. Chizhova¹, Zh. Sh. Ushakova¹¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*²*Saratov State Agrarian University, Saratov*

Received 10.07.2020

Submitted 25.08.2020

Summary

The main factors contributing to the deterioration in the quality of dairy products are postpartum functional complications of the udder and genitals. An assessment was made of the incidence of the combined form of mastitis and metritis in cows of various breeds in the farms of the Volgograd and Saratov regions. Hematological and biochemical changes in the blood of cows with mastitis and metritis are shown. The qualitative composition of microorganisms found in isolates obtained from the secretion of the udder and swabs from the uterus is disclosed. The possibility of using this syndrome for a comprehensive assessment of postpartum diseases in dairy cows at the beginning of lactation was revealed.

Abstract

Introduction. This study was carried out in the context of modern problems of veterinary obstetrics. The available data provide a picture of the verification of postpartum diseases of the genital organs and mammary glands in the early puerperal period, as well as the possibility of using informative diagnostic methods in the practice of veterinary specialists at enterprises of various forms of ownership of the Volgograd and Saratov regions. The aim of the study is to improve the available methods of differential diagnosis of postpartum diseases by identifying markers that characterize diseases of the breast and uterus at the beginning of lactation. **Object.** The research was carried out on cows of Holstein and Black-and-White breeds, as well as Simmental and Red Steppe breeds, aged 3-7 years, live weight over 600 kg. **Materials and methods.** The work was carried out in 2015-2020. at the bases of the departments «Obstetrics and Therapy» of the Volgograd State Agrarian University and «Diseases of Animals and Veterinary and Sanitary Examination» of the Saratov State Agrarian University, as well as at agricultural enterprises of various organizational and legal forms of ownership of the Volgograd and Saratov regions. Tests were used to diagnose mastitis. Sampling to determine the species composition of microflora isolated from the udder and exudate of the uterus of sick cows was carried out according to the method of V.I. Slobodyanik, N.T. Klimov and V.V. Podberezny (2009). From the material obtained, inoculations were carried out on nutrient media: Meat Peptone Agar (MPA), Meat Peptone Broth (MPB), Sabouraud's medium, colored media of Giss and Endo. The identification of the species of microorganisms was carried out using the «Bergey's bacteria guide», and the fungi were classified by the «Guide to pathogenic, toxigenic and harmful to humans fungi» method. In the study of blood used veterinary automatic hematological and biochemical blood analyzers. **Results and Conclusions.** The incidence of udder diseases in lactating cows in combination with postpartum diseases of the uterus was 20.74% of the total broodstock. At the same time, mastitis was registered in 30.5 ... 30.6%, and metritis in 42.2 ... 46.3% of cows after giving birth. The most common forms of mastitis are serous-fibrous (56.98%) and catarrhal-purulent (43.02%). In Holstein cows, mastitis is recorded within $31.6 \pm 0.3\%$; black-and-white breed $30.5 \pm 0.7\%$; Simmental cattle, the incidence of mastitis is $28.3 \pm 0.17\%$; in cows of the red steppe breed - $28.6 \pm 0.11\%$. In the early puerperal period in cows, inflammatory processes in the uterus are more often recorded, occurring in the catarrhal-purulent (54.33%) and serous-catarrhal (45.67%) forms. The syndrome «mastitis-metritis» in the postpartum period is diagnosed in $54.3 \pm 2.7\%$ of cases in Holstein cows, in black-and-white cows in $49.8 \pm 1.8\%$ of cases, while in Simmental and red steppe breeds practically equal incidence rates of $43.7 \pm 1.2\%$ and $44.6 \pm 2.5\%$, respectively. The hematological parameters of the blood of cows with symptoms of inflammatory processes in the mammary gland and uterus at the beginning of lactation undergo significant changes. The most informative marker of mastitis-metritis syndrome can be considered the presence of microorganisms in milk and uterine washes. In cows with a combined form of mastitis and metritis, 16 species of bacteria and 4 species of fungi were isolated from the udder secretion and washes from the uterus.

Key words: *postpartum diseases, syndrome, mastitis, metritis, postpartum period, inflammatory diseases of the genitals and udder.*

Citation. Kocharyan, V.D., Avdeenko V.S., Chizhova G.S., Ushakova J.Sh. Informative methods for the diagnosis of diseases of the breast and uterus in the early puer-peral period. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 308-317 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-33.

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 619:618.19:636.2.034

ИНФОРМАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И МАТКИ В РАННИЙ ПУЭРПЕРАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

В. Д. Кочарян¹, кандидат биологических наук, доцент
В. С. Авдеенко², доктор ветеринарных наук, профессор
Г. С. Чижова¹, кандидат ветеринарных наук, доцент
Ж. Ш. Ушакова¹, преподаватель

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов

Дата поступления в редакцию 10.07.2020

Дата принятия к печати 25.08.2020

Актуальность. Данное исследование выполнено в условиях современной проблематики ветеринарного акушерства. Имеющиеся данные дают картину верификации послеродовых заболеваний половых органов и молочной железы в ранний пуэрперальный период, а также возможность применения информативных методов диагностики в практической деятельности ветеринарных специалистов на предприятиях различных форм собственности Волгоградской и Саратовской областей. Целью исследования является усовершенствование имеющихся способов дифференциальной диагностики послеродовых заболеваний путем выявления маркеров, характеризующих заболевания молочной железы и матки в начале лактации. **Объект.** Исследования проводились на коровах голштинской и черно-пестрой пород, а также симментальский и красной степной пород в возрасте 3-7 лет живой массой более 600 кг. **Материалы и методы.** Работа выполнялась в 2015-2020 гг. на базах кафедр «Акушерство и терапия» Волгоградского ГАУ и «Болезни животных и ВСЭ» Саратовского ГАУ, а также на сельскохозяйственных предприятиях различных организационно-правовых форм собственности Волгоградской и Саратовской областей. Для диагностики мастита использовали тесты. Отбор проб для определения видового состава микрофлоры, выделенного из вымени и экссудата матки больных коров, проводили по методике В. И. Слободяник, Н. Т. Климова и В. В. Подберезного (2009). Из полученного материала проводили посевы на питательных средах МПА, МПБ, среда Сабуро, цветные среды Гисса и Эндо. Установление видовой принадлежности микроорганизмов проводили с помощью «Определитель бактерий Берги», а грибы классифицировали методикой «Определитель патогенных, токсигенных и вредных для человека грибов». При исследовании крови использовали ветеринарный автоматический гематологический и биохимический анализаторы крови. **Результаты и выводы.** Частота заболеваний вымени у лактирующих коров в сочетании с послеродовыми заболеваниями матки составила 20,74 % всего маточного поголовья. При этом мастит регистрировали у 30,5...30,6 %, а метрит – у 42,2...46,3 % коров после родов. Наиболее часто встречаются такие формы мастита, как серозно-фиброзный (56,98 %) и катарально-гнойный (43,02 %). У коров голштинской породы мастит регистрируется в пределах 31,6±0,3 %; черно-пестрой породы 30,5±0,7 %; симментальского скота заболеваемость маститом 28,3±0,17 %; у коров красной степной породы – 28,6±0,11 %. В ранний пуэрперальный период у коров чаще регистрируются воспалительные процессы в матке, которые протекают в катарально-гнойной (54,33 %) и серозно-катаральной (45,67 %) формах. Синдром «мастит – метрит» в

послеродовый период диагностируется в $54,3 \pm 2,7$ % случаев у коров голштинской породы, у коров черно-пестрой породы в $49,8 \pm 1,8$ % случаев, в то время как у животных симментальской и красной степной пород практически равные проценты заболеваемости $43,7 \pm 1,2$ % и $44,6 \pm 2,5$ % соответственно. Гематологические показатели крови коров с симптомами воспалительных процессов в молочной железе и матке в начале лактации претерпевают существенные изменения. Наиболее информативным маркером синдрома «мастит – метрит» можно считать наличие микроорганизмов в молоке и смывах из матки. У коров, больных сочетанной формой мастита и метрита, из секрета вымени и смывов из матки изолировано 16 видов бактерий и 4 вида грибов.

Ключевые слова: послеродовые заболевания коров, маститы коров, метрит, послеродовый период коров, воспалительные заболевания половых органов коров, болезни вымени.

Цитирование. Кочарян В. Д., Авдеенко В. С., Чижова Г. С., Ушакова Ж. Ш. Информативные методы диагностики заболеваний молочной железы и матки в ранний пуэрперальный период. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 308-317. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-33.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В вопросе развития молочного животноводства мировому благополучию способствует повышение продуктивности коров, а также улучшение качества получаемого молока [1, 2, 5, 6, 11]. Данное развитие тормозит ряд факторов, к одним из которых относится распространённость воспалительных заболеваний молочной железы и половых органов, определённый нами как синдром «мастит – метрит» [3, 4, 7]. Данный синдром, возникающий преимущественно в начале лактации, является наиболее экономически значимым заболеванием молочных коров.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о распространённости сочетанной формы клинических проявлений мастита и метрита, который диагностируется у $20,0$ - $25,0$ %, в то время как субклиническая форма имеет более широкий охват поголовья и достигает 50 % коров молочного стада [8-10, 12]. Несвоевременная и недостоверная диагностика послеродовых маститов и метритов в начале лактации приводит к тому, что предприятия терпят большие экономические убытки как от потери молока, так и от расходов на лечение больных лактирующих коров.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2015-2020 гг. на кафедрах: «Акушерство и терапия» Волгоградского ГАУ и «Болезни животных и ВСЭ» Саратовского ГАУ, а также на сельскохозяйственных предприятиях различных организационно-правовых форм собственности Волгоградской и Саратовской областей. Объектом исследования служили коровы голштинской и черно-пестрой пород, а также симментальской и красной степной породы. У данных животных разная молочная продуктивность. В ходе исследования в указанных хозяйствах оценивали состояние вымени и половых органов коров в ранний пуэрперальный период.

Для диагностики мастита использовали тесты «Кетотест» (производство «Интервет», Нидерланды); «Масттест» (производство «Агрофарм», Россия), «Калифорнийский маститный тест «СМТ» (США). При постановке диагноза «мастит» использовали прибор для подсчета соматических клеток «Соматос-мини». Маркером постановки диагноза «метрит» служило наличие клинических проявлений воспалительного процесса в матке. Определение видового состава микрофлоры, выделенного из вымени и экссудата матки больных коров, проводили на 54 пробах. Отбор проб проводили по методике В. И. Слободяник, Н. Т. Климова и В. В. Подберезного (2009). Из полученных проб производили посевы на питательных средах МПА, МПБ, среды Сабуро, цветные

среды Гисса и Эндо. Виды бактерий определяли при помощи биохимических пластин, дифференцирующих стафилококки и энтеробактерии (НПО «Диагностические системы», Нижний Новгород). Для определения видовой принадлежности микроорганизмов применяли «Определитель бактерий Берги», а грибы классифицировали с помощью «Определителя патогенных, токсигенных и вредных для человека грибов».

Для исследований крови применяли ветеринарный автоматический гематологический анализатор «Abacus Junior Pse 90Vet» (Automatic Veterinary, Германия) и биохимический анализатор крови Chem Well combi 2902/2910 (США). Гормональный скрининг состояния больных вели с помощью набора реагентов для иммуноферментного определения ФСГ, ЛГ, прогестерона, тестостерона, эстрадиола («Алкор Био», Санкт-Петербург).

Полученные во время проведения опытов результаты анализировали биометрически, используя стандартные программы Stat Graphics Plus v 5.0.1 на компьютерах системы «Пентиум - 3» с вычислением критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Проведенные в ходе клинического исследования наблюдения позволили определить инцидентность послеродовых болезней у коров в ранний пуэрперальный период, когда, с одной стороны, начинается лактация, а с другой стороны, протекают инволюционные процессы в половых органах после родов.

Анализ полученных нами данных говорит о том, что частота заболеваний вымени у лактирующих коров в сочетании с послеродовыми заболеваниями матки составила 20,74 % всего маточного поголовья. При этом мастит зарегистрировали у 30,5-30,6 %, а метрит – у 42,2-46,3 % коров после родов.

Нашими исследованиями установлено, что у высокопродуктивных коров наиболее часто регистрируются такие формы мастита, как серозно-фибринозный (56,98 %) и катарально-гнойный (43,02 %) (таблица 1). Так, у коров голштинской породы мастит регистрируют в пределах $31,6 \pm 0,3$ %. Коровам черно-пестрой породы диагноз «мастит» был поставлен в $30,5 \pm 0,7$ % случаев, в то время как у симментальского скота заболеваемость маститом на 0,3 % ниже, чем у коров красно-степной породы: $28,3 \pm 0,17$ % и $28,6 \pm 0,11$ % соответственно при $p < 0,05$.

В раннем пуэрперальном периоде наиболее часто регистрируются воспалительные заболевания матки, протекающие в катарально-гнойной (54,33 %) или серозно-катаральной (45,67 %) формах. У коров голштинской породы метрит диагностировали в $56,78 \pm 1,7$ % случаев, у коров симментальской породы – в $51,3 \pm 1,3$ % случаев ($p < 0,05$). Коровы черно-пестрой породы в послеродовой период заболевают метритом в $54,3 \pm 1,7$ % случаев, а красно-степной скот – в $50,9 \pm 1,3$ % случаев.

Таблица 1 – Структура заболеваемости коров в ранний послеродовой период

Table 1 – Structure of cow morbidity in the early postpartum period

Показатель / Indicator	Голштинский скот / Holstein cattle	Черно-пестрый скот / Black-and -white cattle	Симментальский скот / Simmental cattle	Красно-степной скот / Red-steppe cattle
Мастит, % / Mastitis, %	$31,6 \pm 0,3$ %	$30,5 \pm 0,7$ %	$30,5 \pm 0,7$ %*	$28,6 \pm 0,11$ %*
Метрит, % / Metritis, %	$56,78 \pm 1,7$ %	$54,3 \pm 1,7$ %	$51,3 \pm 1,3$ %*	$50,9 \pm 1,3$ %*
Синдром «Мастит-метрит», % / Mastitis-metritis syndrome, %	$54,3 \pm 2,7$ %	$49,8 \pm 1,8$ %	$43,7 \pm 1,2$ %*	$44,6 \pm 2,5$ %*

Примечание: здесь и далее * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по отношению к показателям голштинского скота.

Note: here and further * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ in relation to the indicators of Holstein cattle.

Полученные нами данные говорят о том, что синдром «мастит – метрит» в ранний послеродовой период диагностируется в $54,3 \pm 2,7$ % случаев у коров голштинской породы, у коров черно-пестрой породы – в $49,8 \pm 1,8$ % случаев, в то время как у животных симментальской и красно-степной пород практически равные проценты заболеваемости – $43,7 \pm 1,2$ % и $44,6 \pm 2,5$ % ($p < 0,05$) соответственно.

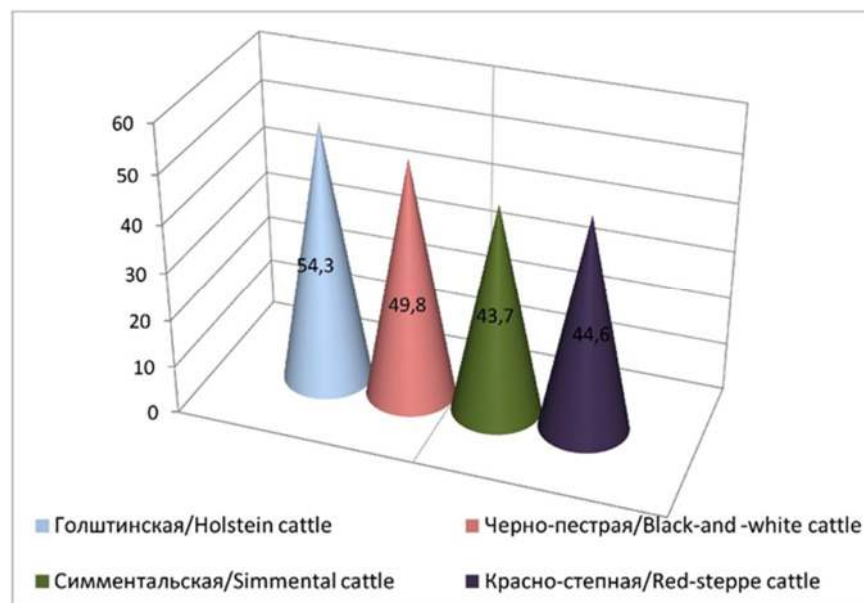


Рисунок 1 – Инцидентность проявления синдрома «мастит – метрит» у молочных коров

Figure 1 – Incidence of mastitis-metritis syndrome in dairy cows

В ходе проведения опыта было установлено, что гематологические показатели крови коров с симптомами воспалительных процессов в молочной железе и матке в начале лактации претерпевают существенные изменения. Анализ лейкограммы показал достоверное увеличение количества лейкоцитов при сочетанной форме мастита и метрита по сравнению с животными, имеющими воспаление только в молочной железе или матке. У коров с синдромом «мастит – метрит» установлена нейтрофилия, сопровождающаяся накоплением продуктов клеточного и тканевого распада.

Также зарегистрирована ярко выраженная эозинофилия и лимфоцитоз, который развивается в результате протекающего в организме животного воспалительного процесса, локализующегося в вымени и матке. Количество лимфоцитов при синдроме «мастит-метрит» увеличивается в 1,8 раза при $p < 0,01$, тогда как у животных при мастите или метрите всего в 1,3 раза, а содержание возросло в 2,8 и 1,7 раза соответственно.

Наибольшие изменения произошли в содержании эритроцитов в 1 мл крови при остром послеродовом гнойно-катаральном метрите и клиническом мастите при минимальном коэффициенте вариации (таблица 2).

Одним из неблагоприятных факторов, который отражает уменьшение защитных компенсаторных функций организма, является существенное снижение синтеза альбуминовой фракции в крови больных коров. Также зарегистрированы изменения в показателях гликогенеза, связанных с расходом глюкозы. Данные изменения происходят ввиду снижения глюколитической функции печени. Так, при синдроме «мастит – метрит» данный показатель снижался в 1,15 раз, в то время как при маститах или метритах – в 2,19 раза ($p < 0,01$).

Таблица 2 – Гематологические показатели крови коров в начале лактации при воспалении вымени и матки (n=30)

Table 2 – Hematological indicators of cows ' blood at the beginning of lactation with inflammation of the udder and uterus (n=30)

Показатель / Indicator	Референтное значение / referential meaning	Мастит / Mastitis	Метрит / Metritis	Синдром «ма- стит-метрит» / Syndrome «mastitis- metritis»
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g / l	80,0-150,0	102,60±1,66	104,8±1,78	91,6±1,37**
Эритроциты, 10 ¹² /л / Red blood cells , 10 ¹² /l	5,0-10,0	6,74±0,18	6,40±0,13	6,29±0,11*
СОЭ, мм/ч Erythrocyte sedimentation rate mm/h	1,0-2,5	2,25±0,12	2,99±0,17*	3,02±0,13*
Гематокрит, % / Hematocrit, %	24,0-46,0	30,22±1,41	29,88±0,7	26,2±1,43*
Средний объём эритроцитов / Average volume of red blood cells	50,0-60,0	60,5±1,23	62,0±0,56	67,3±1,11*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л / Average hemoglobin concentration in red blood cells, g / l	250,0-350,0	308,23±5,67	310,8±6,67	236,5±8,55*

Примечание: здесь и далее * $p<0,05$; ** $p<0,01$

Note: here and further * $p<0,05$; ** $p<0,01$

Скорость оседания эритроцитов в крови коров, больных маститом и метритом, значительно выше показателей здоровых животных, что говорит о наличии патологического очага и воспалительной реакции в организме животных.

Следует отметить, что содержание в крови холестерина у коров с патологией молочной железы, независимо от формы воспаления, ниже. При это содержание холестерина у коров с синдромом «мастит – метрит» несколько выше (6,82±0,11 ммоль/л), чем у животных при мастите или метрите, – 5,13±0,23 и 5,42±0,14 ммоль/л соответственно ($p<0,05$).

Ряд вышеперечисленных показателей дает основание полагать наличие существенных биохимических изменений у молочных коров при наличии синдрома «мастит – метрит» в ранний пуэрпериальный период. (таблица 3).

В ранний послеродовой период диагностировали увеличение показателей общего билирубина ($p<0,05$) у коров с заболеванием только маститом или метритом, однако при проявлении синдрома «мастит – метрит» отмечается увеличение прямого билирубина в 1,37-1,41 раза ($p<0,05$). При этом соотношение общего билирубина возросло в 1,9 ($p<0,05$) и в 2,5 раза соответственно.

Наиболее информативным маркером синдрома «мастит – метрит» можно считать наличие микроорганизмов в молоке и смывах из матки. В результате микробиологического исследования молока от 43 коров, больных синдромом «мастит–метрит», было выделено всего 103 изолята, из них 16 видов микроорганизмов и 4 вида грибов. Так, у 92,6 % коров, больных маститом, была выделена условно патогенная микрофлора. При посевах молока из пораженных маститом долей вымени на МПА в чашках Петри наблюдали массовый рост микробных колоний. У 7,4 % больных маститом коров, в частности субклинической и серозной формами, в секрете из пораженных долей вымени микроорганизмы не выделялись, а воспаление протекало как асептическое. В смывах из матки также присутствовали как ассоциации, так и монокультуры.

Таблица 3 – Биохимические показатели крови коров с синдромом «мастит-метрит» в начале лактации (n=40)

Table 3 – Biochemical blood parameters of cows with mastitis-metritis syndrome at the beginning of lactation (n=40)

Показатель / Indicators	Референтные значения / Reference values	Мастит / Mastitis	Метрит / Metritis	Синдром «Мастит-метрит» / Mastitis-metritis syndrome
Общий белок, г/л / Total protein, g / l	57,0-81,0	76,33±0,67	80,56±0,67*	79,64±0,72
Альбумин, г/л / Albumin, g / l	21,0-36,0	30,84±0,15	31,77±0,15	27,20±0,16*
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol / l	2,5-4,2	2,76±0,06	2,68±0,03	2,90±0,08*
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l	3,0-8,0	5,13±0,23	5,42±0,14	6,82±0,11*
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol / l	2,0-7,5	5,34±0,32	6,73±0,26*	7,47±0,43*
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, mmol / l	67,0-175,0	112,64±3,60	123,90±36*	94,93±5,91**
Билирубин прямой, мкмоль/л / Straight bilirubin, mmol / l	1,0-5,0	2,12±0,08	2,37±0,07*	2,38±0,06*
Билирубин общий, мкмоль/л / Total bilirubin, mmol / l	5,0-10,0	5,34±3,25	10,24±2,17**	13,4±2,21**

Примечание: здесь и далее * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Note: here and further * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

В монокультуре микрофлору выделяли у 30,5% коров: *E.coli*; *St.epidermides*; *C.freundi*; *Sh.dysenteria*; *St.aureus*; *St.hyicus spp.chromogenes*; *Str.agalactiae*; *St.lentus*; *St.intermedius*. Также присутствовали и ассоциации у 69,5 % коров. В исследуемом материале встречались следующие ассоциации микроорганизмов: *Candida glabrata* + *Candidacitterrii* + *St.saccharolyticus* + *C.freundi* + *St.lentus*; *St.epidermides* + *Asp.fumigatus*; *St.epidermides* + *Candida rugosa* + *E.coli*; *Str.agalactiae* + *E.coli*; *Str.agalactiae* + *St.epidermides*; *St.epidermides* + *Str.agalactiae* + *St.aureus* + *St.haemolyticu*; *Sh.dysenteria* + *Sh.boudi*; *K.pneumonia* + *Sh.boudi*; *Y.enterocoliticae* + *Sh.dysenteria*; *Str.agalactiae* + *St.epidermides* + *St.aureus*; *Str.agalactiae* + *St.epidermides* + *St.hominis* + *St.warrerii*; *St.saccharolyticus* + *St.lentus* + *C.freundi*; *E.Coli* + *St.epidermides*; *Str.agalactiae* + *St.haemolyticus*; *St.hyicus spp.chromogenes* + *Kl.cryocrescens*. В 5 пробах были выявлены грибы *Asp.fumigatus*, *Candida rugosa*, *Candida glabrata*, *Candida citerrii*.

Выводы. Заболевания молочной железы и матки в начале лактации, проявляющийся в форме синдрома «мастит – метрит» регистрируются у коров голштинской породы в 54,3 % случаев, у коров черно-пестрой и симментальской пород – 49,8 % и 43,7 %, а у красной степной породы – в 44,6 % случаев. Частота возникновения у лактирующих коров сочетанной формы мастита и метрита достигает 20,74 % от всего маточного поголовья. По результатам клинических и лабораторных исследований выявлены информативные индикаторы, которые указывают на проявление данного синдрома. При мастите и метрите регистрируется отчетливо

выраженный лейкоцитоз и лимфоцитоз, а также эозинофилия, содержание тромбоцитов снижается в 1,4 раза, СОЭ увеличивается в 1,41 раза, происходит снижение уровня глюкозы, увеличение уровня общего билирубина в 1,5 раза.

У коров, больных сочетанной формой мастита и метрита, из секрета вымени и полученных смывов из матки изолировано 16 видов бактерий и 4 вида грибов. Монокультуру выделяли у 30,5 % коров, и представлена она 9 видами микроорганизмов: *E.coli*; *St.epidermides*; *C.freundi*; *Sh.dysenteria*; *St.aureus*; *St.hyicus spp.chromogenes*; *Str.agalactiae*; *St.lentus*; *St.intermedius*. У 69,5 % больных животных микрофлора представлена ассоциациями: *St.epidermides+Asp.fumigatus*, *St.epidermides+Str.agalactiae+St.aureus+St.haemolyticus*; *Sh.dysenteria+ Sh.boudi*; *K.pneumonia + Sh.boudi*; *Y.enterocoliticae+Sh.dysenteria*; *Str.agalactiae+St.epidermides+St.aureus*.

Библиографический список

1. Верификация диагноза и терапия коров больных хроническим эндометритом / К. А. Баканова, Н. Ю. Ляшенко, В. Д. Кочарян, В. С. Авдеенко // Известия Нижневолж. агроунив. комплекса: наука и высш. проф. образование. 2016. № 2(42). С. 190-197.
2. Ляшенко Н. Ф., Филатова А. В., Авдеенко В. С. Биохимическое и бактериальное состояние молока у лактирующих коров при различных формах эндометрита // Аграрный научный журнал. 2017. № 1. С. 19-24.
3. Послеродовой метрит у молочных коров / А. Г. Нежданов, С. В. Шабунин, В. И. Михалев, В. В. Филин, В. Н. Скориков // Ветеринария. 2016. №8. С. 3-8.
4. Федотов С. В., Симонов П. Г. Мониторинг гинекологических болезней у коров в условиях крупного аграрного предприятия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 9 (83). С. 72-76.
5. Aniluis E., Japertas S., Klimaite J. Prevalence and treatment of subclinical mastitis in cows // Med. veter. 2003. R 59. No. 10. P. 872-875.
6. Antioxidant dynamics in the live animal and implications for ruminant health and product (meat/milk) quality: role of vitamin E and selenium / S. S. Chauhan, P. Celi, E. N. Ponnampalam, B. J. Leury, F. Liu, F. R. Dunshea // Animal Production Science. 2014. V. 54(10). P. 1525-1536.
7. Defining postpartum uterine disease in cattle / I. M. Sheldon, G. S. Lewis, St. LeBlanc, R. O. Gilbert // Theriogenology. 2006. V. 65, Iss. 8. P. 1516-1530.
8. Feldmann M. Treatment of chronic bovine endometritis and factors for treatment success // Tcnhaecn gcnannt Emmine S, Hocdcmakcr M. DTW'. Deutsche Ticar.tliche W'ochenschnft. 2005. V. 112(1). P. 10-16.
9. Khan M. H., Manoj K., Pramod S. Reproductive disorders in dairy cattle under semi-intensive system of rearing in North-Eastern India // Veterinary World. 2016. Vol. 9(5). P. 512-518.
10. Klasturp N. Bovine mastitis. Defenition and guidelines for diagnosis // Kiel, mitchwirt. Forschungsber, 2002. Vol. 37. No. 3. P. 254-260.
11. Kossaibati M. A. The costs of clinical mastitis in UK dairy herds // Cattle Practice. 2000. Vol. 8. P. 323-328.
12. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle / T. J. Potter, J. Guitian, J. Fishwick, P. J. Gordon, I. M. Sheldon // Theriogenology. 2010. V. 74, Iss.1. P. 127-134.

Conclusions. Diseases of the mammary gland and uterus at the beginning of lactation, manifested in the form of a mastitis metritis syndrome, are recorded in Holstein cows in 54.3% of cases, in black-motley and Simmental cows - 49.8% and 43.7%, and in red-steppe cattle - in 44.6% of cases. The incidence in lactating cows of the combined form of mastitis and metritis reaches 20.74% of the entire breeding stock. According to the results of clinical and laboratory studies, informative indicators were identified that indicate the manifestation of this syndrome. With mastitis and metritis, pronounced leukocytosis and lymphocytosis, as well as eosinophilia, are recorded, the platelet count decreases by 1.4 times, ESR increases by

1.41 times, there is a decrease in glucose, an increase in total bilirubin by 1.5 times. In cows with a combined form of mastitis and metritis, 16 species of bacteria and 4 types of fungi were isolated from the secretion of the udder and swabs from the uterus. Monoculture was isolated in 30.5% of cows and presented with 9 types of microorganisms: *E. coli*; *St. epidermides*; *C. freundii*; *Sh. dysenteriae*; *St. aureus*; *St. hyicus* spp. *chromogenes*; *Str. agalactiae*; *St. lentus*; *St. intermedius*. In 69.5% of sick animals, microflora is represented by associations: *St. epidermides* + *Asp. fumigatus*, *St. epidermides* + *Str. agalactiae* + *St. aureus* + *St. haemolyticus*; *Sh. dysenteriae* + *Sh. boudii*; *K. pneumonia* + *Sh. boudii*; *Y. enterocoliticae* + *Sh. dysenteriae*; *Str. agalactiae* + *St. epidermides* + *St. aureus*.

Reference

1. Verification of the diagnosis and therapy of cows with patients with chronic endometritis / K. A. Bakanova, N. Yu. Lyashenko, V. D. Kocharyan, V. S. Avdeenko // *Izv. Lower Vol. aggrouniv. complex. Science and higher. prof. education*. 2016. N 2 (42) . P. 190-197.
2. Lyashenko N. F., Filatova A. V., Avdeenko V. S. Biochemical and bacterial state of milk in lactating cows with various forms of endometritis // *Agricultural scientific journal*. 2017. No. 1. P. 19-24.
3. Postpartum metritis in dairy cows / A. G. Nezhdanov, S. V. Shabunin, V. I. Mikhalev, V. V. Filin, V. N. Skorikov // *Veterinary medicine*. 2016 . No. 8. P. 3-8.
4. Fedotov S. V., Simonov P. G. Monitoring of gynecological diseases in cows in a large agricultural enterprise // *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2011. No. 9 (83). P. 72-76.
5. Aniluis E., Japertas S., Klimaite J. Prevalence and treatment of subclinical mastitis in cows // *Med. veter.* 2003. R 59. No. 10. P. 872-875.
6. Antioxidant dynamics in the live animal and implications for ruminant health and product (meat/milk) quality: role of vitamin E and selenium / S. S. Chauhan, P. Celi, E. N. Ponnampalam, B. J. Leury, F. Liu, F. R. Dunshea // *Animal Production Science*. 2014. V. 54(10). P. 1525-1536.
7. Defining postpartum uterine disease in cattle / I. M. Sheldon, G. S. Lewis, St. LeBlanc, R. O. Gilbert // *Theriogenology*. 2006. V. 65, Iss. 8. P. 1516-1530.
8. Feldmann M. Treatment of chronic bovine endometritis and factors for treatment success // *Tchnaecn gcnannt Emmine S, Hocdcmaker M. DTW'. Deutsche Ticar.tliche W'ochenschnft*. 2005. V. 112(1). P. 10-16.
9. Khan M. H., Manoj K., Pramod S. Reproductive disorders in dairy cattle under semi-intensive system of rearing in North-Eastern India // *Veterinary World*. 2016. Vol. 9(5). P. 512-518.
10. Klastrop N. Bovine mastitis. Defenition and guidelines for diagnosis // *Kiel, mitchwirt. Forschungsber*, 2002. Vol. 37. No. 3. P. 254-260.
11. Kossaibati M. A. The costs of clinical mastitis in UK dairy herds // *Cattle Practice*. 2000. Vol. 8. P. 323-328.
12. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle / T. J. Potter, J. Guitian, J. Fishwick, P. J. Gordon, I. M. Sheldon // *Theriogenology*. 2010. V. 74, Iss.1. P. 127-134.

Authors Information

Kocharian Valentina Danilovna, Head of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, 26 Universitetsky pr.), Ph.D., assistant professor, tel. 8 (905) 3345779 ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd202@mail.ru

Avdeenko Vladimir Semenovich, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Animal Diseases and VSE, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (Russian Federation, 410005, Saratov, Theater Square 1) e-mail: avdeenko0106@mail.ru

Chizhova Galina Sergeevna, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (26, Universitetsky pr., 400002, Volgograd, e-mail: galina.chizhova.52@mail.ru

Ushakova Zhanara Shapibayanovna, lecturer at the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (26, Universitetsky pr., 400002, Volgograd) e-mail: szh88@yandex.ru

Информация об авторах

Кочарян Валентина Даниловна, заведующий кафедрой «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат биологических наук, доцент, тел. 8(905)3345779

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd202@mail.ru

Авдеенко Владимир Семенович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Болезни животных и ВСЭ» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова (РФ, 410005, г. Саратов, Театральная пл.1) e-mail: avdeenko0106@mail.ru

Чижова Галина Сергеевна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: galina.chizhova.52@mail.ru

Ушакова Жанара Шапибаяновна, преподаватель кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: szh88@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-34

BIOCHEMICAL STATUS OF PREGNANT COWS ON THE BACKGROUND OF THE APPLICATION OF Se-CONTAINING AND TISSUE DRUGS

N. N. Malkova, M. E. Ostyakova, S. A. Shcherbinina, N. S. Golaydo

Federal State Budget Institution «Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute», Blagoveshchensk, Russia

Received 16.03.2020

Submitted 15.08.2020

*The work was done on the topic of the State task No. 0819-2019-0003
“Improvement of the methodology for the prevention of postpartum complications
of cows in dairy cattle breeding” Ministry of Science and Higher Education*

Summary

The article presents the results of a study of the biochemical status of pregnant cows on the background of the use of Se - containing and tissue preparations. The research results showed that the use of Se-containing preparation and tissue preparations after calving in the second half of pregnancy helps to activate reparative processes, improve liver function and the normal process of recovery of calving animals.

Abstract

Introduction. One of the aspects of successful cattle breeding is getting healthy young animals, the key to which is compliance with the norms of keeping and feeding cows, especially during pregnancy. The current rate of livestock farming is calculated on an industrial scale, which implies an imbalance in the conditions of keeping and feeding. First of all, young and pregnant animals respond to the errors of livestock breeding, in which metabolic disorders with all the ensuing adverse consequences are recorded (liver dysfunction, decreased immune status, the development of various kinds of complications during calving, postpartum diseases, etc.). **Object.** The object of the study was the cows of the «Goshta» breed in the second half of pregnancy and after calving. **Materials and methods.** Studies evaluating the biochemical status of pregnant cows were the basis for the development of preventive measures aimed at reducing the percentage of complications in the postpartum period. In animals, blood sampling was performed at the beginning and end of the study, followed by the determination of biochemical parameters and the assessment of the results in dynamics. Based on the results of the biochemical status of pregnant cows, a scheme for the prevention of postpartum complications using Se-containing and tissue preparations was proposed. **Results and conclusions.** After the preventive measures, it was found that the scheme using Se-containing and tissue preparations had a positive effect on the body of the experimental cows, which was expressed in enhancing the reparative processes, improving the liver, as well as restoring the animals after calving in a timely manner, which was confirmed an increase in the level of magnesium (by 32%) in the blood serum, a decrease in the level of bilirubin by 23%, an equalization of the ratio of calcium to phosphorus, the absence of postpartum complications, a manifestation the first signs of arousal during the first 60 days after calving in 100% of cases.

Key words: cow, blood, biochemical parameters, Se-containing preparation, tissue preparation.

Citation. Malkova N.N., Ostyakova M.E., Scherbinina S.A., Golaydo N.S. Biochemical status of pregnant cows on the background of the use of Se-containing and tissue preparations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 317-324 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-34.

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

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

УДК 636.2.034:616-084

БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС СТЕЛЬНЫХ КОРОВ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ Se-СОДЕРЖАЩЕГО И ТКАНЕВОГО ПРЕПАРАТОВ

Н. Н. Малкова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

М. Е. Остякова, доктор биологических наук, доцент, директор

С. А. Щербинина, младший научный сотрудник

Н. С. Голайдо, научный сотрудник

ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский
ветеринарный институт», г. Благовещенск, Россия

Дата поступления в редакцию 16.03.2020

Дата принятия к печати 15.08.2020

**Работа выполнена по теме Государственного задания № 0819-2019-0003
«Усовершенствовать методологию профилактики послеродовых осложнений коров
в молочном скотоводстве» Министерство науки и высшего образования**

Актуальность. Один из аспектов успешного скотоводства – это получение здорового молодняка, залогом чего является соблюдение норм содержания и кормления коров, особенно в период стельности. Современный темп животноводства исчисляется промышленными масштабами, которые подразумевают под собой дисбаланс в условиях содержания и кормления. В первую очередь на погрешности ведения скотоводства реагируют молодые и беременные животные, у которых регистрируют нарушения обмена веществ со всеми вытекающими неблагоприятными последствиями (дисфункция печени, снижение иммунного статуса, развитие различного рода осложнений в период отела, послеродовых заболеваний и другое). **Объект.** Объектом исследования являлись коровы гоштинской породы во второй половине беременности и после отела. **Материалы и методы.** Исследования по оценке биохимического статуса стельных коров были положены в основу разработки профилактических мероприятий, направленных на снижение процента осложнений в послеродовом периоде. У животных осуществляли забор крови в начале и конце исследований с последующим определением биохимических показателей и оценкой полученных результатов в динамике. На основании результатов биохимического статуса стельных коров была предложена схема профилактики послеродовых осложнений с применением Se-содержащего и тканевого препаратов. **Результаты и выводы.** После проведенных профилактических мероприятий было установлено, что схема с использованием Se-содержащего и тканевого препаратов оказывала положительное влияние на организм опытных коров, что выражалось в активизации репаративных процессов, улучшении работы печени, а также восстановлении организма животных после отела в установленные сроки, что подтверждалось ростом уровня магния (на 32 %) в сыворотки крови, снижением уровня билирубина на 23 %, выравниванием соотношения кальция к фосфору, отсутствием послеродовых осложнений, проявлением первых признаков возбуждения в течение первых 60 дней после отела в 100 % случаев.

Ключевые слова: стельные коровы, биохимические показатели крови коров, Se-содержащие препараты, тканевые препараты, профилактика послеродовых осложнений коров.

Цитирование. Малкова Н. Н., Остякова М. Е., Щербинина С. А., Голайдо Н. С. Биохимический статус стельных коров на фоне применения Se-содержащего и тканевого препаратов. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 317-324. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-34.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Стельность – это физиологический процесс, который занимает весьма длительный промежуток времени и характеризуется напряженными процессами, протекающими в организме коровы, активизация которых достигает своего пика во второй половине беременности и продолжается почти до отела. В этот период у коров-матерей наблюдается ускоренный метаболизм и значительные затраты собственных ресурсов, направленных на развитие плода, плаценты и молочной железы. Таким образом, материнский организм во время беременности испытывает значительные нагрузки, которые при адекватных условиях внешней и внутренней среды никоим образом не отражаются на материнском организме.

Необходимо отметить, что в настоящее время скотоводство как одна из основных отраслей животноводства направлено на обеспечение населения мясо-молочной продукцией в промышленных масштабах. Для промышленного характера ведения отрасли является актуальным наличие погрешностей в содержании и кормлении животных, что негативно отражается на здоровье всего поголовья. В первую очередь на малейшие изменения как негативные, так и благоприятные реагируют молодые животные, а также животные в период стельности. Самым распространенным несоответствием физиологической потребности животных является несоблюдение норм рациона, характеризующегося, в первую очередь, недостатком микро- и макроэлементов, который более значим для регионов, относящихся к биогеохимическим провинциям [3, 6, 11]. Результатом такого рода дисбаланса в условиях промышленного производства является нарушение обмена веществ у животных, который без проведения лечебно-профилактических мер приводит к нарушению репаративных процессов, дисфункции печени, ослаблению организма в целом [1, 13, 14], а у стельных коров – дополнительно осложнениями течения отела и послеродового периода [7, 12].

Выявление каких-либо отклонений в обмене веществ у глубокостельных коров и применение ответных мер по коррекции метаболического дисбаланса способствует своевременному и полному восстановлению организма матери – коровы после отела [8].

Цель наших исследований – оценка биохимического статуса стельных коров на фоне применения Se-содержащего и тканевого препаратов.

Материалы и методы. Исследования по оценке биохимического статуса стельных коров и коррекции его дисбаланса проведены в условиях Амурской области. С этой целью сформировали две группы (контроль (К), опыт (О)) условно здоровых стельных коров (вторая половина стельности) голштинской породы по пять голов в каждой. У всех исследуемых животных оценивали биохимический статус в начале и конце исследований по 18 показателям с использованием биохимического фотометра «StatFax 1904+R» и биохимических реактивов «Витал» (производитель «Витал Девелопмент», Россия). Учитывали течение отела, количество полученных телят, процент осложнений в послеродовый период (через 14 дней после отела) и временной интервал от отела до первой охоты (на протяжении четырех месяцев после отела).

Контрольным и опытным коровам применяли в день отела (согласно инструкциям по применению): 1) комплексный препарат, содержащий витамины: А, D, Е; 2) эстрофан. Опытным животным дополнительно было назначено: инъекционный Se-содержащий препарат (0,15 мг действующего вещества в одном миллилитре препарата) в начале исследования; инъекционный тканевой препарат после отела.

Полученные биохимические показатели сыворотки крови коров сравнивали с физиологическими величинами [9] после их статистической обработки при помощи стандартной компьютерной программы Microsoft Excel (StatSoft, США, 2010) с вычислением средней арифметической (М), ошибки средней арифметической ($M \pm m$) и достоверности полученных результатов при $p < 0,05$ (*) по сравнению с соответствующими показателями в первый день исследования.

Результаты и обсуждение. На основании полученных результатов биохимического исследования сыворотки крови у стельных коров, приведенных в таблице, было установлено, что у исследованных коров была нарушена белковосинтезирующая функция печени [5], что подтверждалось несколько повышенным уровнем общего белка за счет глобулиновой фракции (таблица 1). Также на дисфункцию печени могут указывать высокий показатель фосфора и низкие значения кальция [10].

Таким образом, анализ биохимического статуса стельных коров в начале исследований показал, что у 100 % исследуемых глубокостельных коров были характерные нарушения функции печени, что подтверждается данными Васильевой С. В. [2], которая в своей работе указывает на тот факт, что патология печени зачастую развивается в наиболее уязвимый период жизни коровы, а именно в последнюю фазу стельности и в начале лактации. Этот вид патологии часто встречается у молочных коров, которую следует предполагать даже у здоровых животных после отела [15].

В конце исследований в контрольной группе регистрировали значительную активацию щелочной фосфатазы (на 17 %), снижение на 10 % уровня магния и ухудшение соотношения кальция к фосфору в сторону фосфора (0,70:1).

У опытных коров отмечали лишь незначительное повышение активности щелочной фосфатазы (на 4 %), а также рост уровня магния на 32 % на фоне некоторого уравнивания соотношения кальция к фосфору (0,99 : 1). Также у контрольных животных в послеродовом периоде отмечали рост уровня билирубина на 98 %, общего белка – на 13 %, фосфора – на 49 % на фоне роста кальция и α -глобулинов, что свидетельствовало о усугублении патологических процессов, протекающих в организме коров и негативно отражающихся на работе печени [4], которые нашли свое отражение в отклонении от нормативных значений показателей креатинина и мочевины, которые снизились на 69 % и 33 % соответственно (таблица 1).

У опытных животных характер патологического процесса был менее выражен, что подтверждалось меньшим ростом общего белка (на 10 %), фосфора (на 45 %), меньшим снижением креатинина (на 26 %) и мочевины (на 4 %) относительно таковых показателей в контроле на фоне значительного понижения уровня билирубина (на 23 %). Значение сывороточной глюкозы в конце опыта возросло у животных контрольной и опытной групп, что предположительно могло указывать на снижение функции печени к синтезу гликогена [2, с. 76]. Таким образом, после проведенных профилактических мероприятий в опытной группе отмечали положительную динамику биохимических показателей крови, свидетельствующих о некотором восстановлении функций печени, тогда как в контроле отмечали усугубление вышеуказанных процессов.

Таблица 1 – Биохимический статус коров

Table 1 – Biochemical status of cows

Показатель / Indicator	Начало исследования / Study start		Конец исследования / End of study	
	Контроль / Control	Опыт / Experience	Контроль / Control	Опыт / Experience
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	86,2±2,86	85,6±6,81	93,0±0,24*	88,6±1,74
Альбумины, % / Albumin, %	18,8±1,00	27,4±9,11	17,0±1,19	18,6±0,93
α-глобулины, % / α-globulins, %	9,8±0,94	8,3±0,66	13,7±1,42	20,1±2,05***
β-глобулины, % / β-globulins, %	41,6±1,67	37,6±9,92	3,9±0,75***	3,7±1,15**
γ-глобулины, % / γ-globulins, %	29,8±0,98	26,7±0,89	65,4±1,77***	57,6±0,43***
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	3,9±0,18	4,2±0,25	2,6±0,155***	3,0±0,15**
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μmol/l	71,4±5,37	58,6±11,98	22,3±3,74***	33,3±2,99
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	2,70±0,300	2,34±0,180	5,20±0,790*	4,88±0,402***
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	1,80±0,030	1,84±0,080	2,20±0,160*	2,29±0,196
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	2,10±0,054	2,24±0,244	3,12±0,120***	2,32±0,203
Калий, ммоль/л / Potassium, mmol/l	5,0±0,09	5,0±0,244	4,5±0,44	3,9±0,32*
Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol/l	0,93±0,066	0,63±0,068	0,84±0,057	0,83±0,046*
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,06±0,270	0,12±0,068	0,11±0,02	0,18±0,005
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	1,19±0,028	2,06±0,330	0,57±0,106***	1,20±0,139*
Билирубин, мкмоль/л / Bilirubin, μmol/l	5,3±1,24	9,8±3,36	10,5±0,25**	7,6±2,60
АСТ, Ед/л / AST, U/l	64,3±12,32	84,9±17,60	70,1±5,50	88,3±19,66
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	11,7±5,35	24,6±7,84	16,3±2,06	20,7±4,94
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	150,9±28,95	163,3±4,97	176,5±14,11	172,3±18,23

В результате оценки послеродового периода у контрольных и опытных коров было установлено, что стельность в 100 % случаев закончилась родоразрешением в предполагаемые сроки отела, при этом получено 100 % телят. Послеродовые осложнения регистрировали только у контрольных животных в виде задержания последа (рисунок 1) с проведением соответствующей терапии.

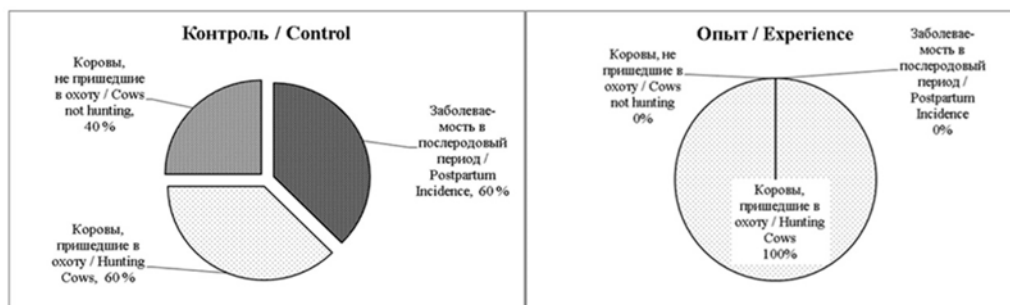


Рисунок 1 – Характеристика послеродового периода коров в контроле и опыте

Figure 1 – Characterization of the postpartum period of cows in the control and experience

На 14-й день после отела в контрольной и опытной группах у коров отсутствовали клинические признаки заболеваний. Также следует отметить, что у 40 % контрольных коров признаки возбуждения не регистрировались на протяжении четырех месяцев, а у 20 %

первые признаки охоты были отмечены только спустя четыре месяца после отела. У 40 % контрольных коров, у которых послеродовой период протекал без осложнений, признаки охоты проявлялись через два месяца после отела, что является допустимым.

В опытной группе послеродовой период протекал без осложнений, что подтверждалось отсутствием какой-либо клинической картины, при этом у исследуемых животных регистрировали первые признаки возбуждения в первые 30-60 дней после отела, что укладывается в нормативные значения.

Таким образом, временной интервал от отела до первых признаков проявления охоты у коров опытной группы не выходил за рамки нормы, тогда как у контрольных животных в 20 % случаев превышал 60 дней и в 40 % признаки охоты не регистрировались за весь период наблюдений.

На основании вышесказанного можно прийти к выводу, что наличие послеродовых осложнений у коров прямо пропорционально качеству восстановления организма животного после отела, что подтверждается данными процента пришедших в охоту коров и сроками проявления охоты. Наличие осложнений в послеродовом периоде и удлинение периода от отела до первой охоты можно расценить как неполное восстановление коров после отела.

Выводы. На основании анализа полученных результатов биохимического статуса глубокостельных коров относительно таковых исследований у отелившихся коров следует сделать вывод, что применение во второй половине беременности Se-содержащего препарата и тканевого препаратов после отела способствует активизации репаративных процессов, улучшению работы печени и нормально протекающему процессу восстановления организма отелившихся животных.

Библиографический список

1. Быкова О. А., Шарыгин И. В. Динамика гематологических показателей сухостойных коров при использовании кормовых добавок из местных источников сырья // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. № 6(62). С. 110-113.
2. Васильева С. В. Оценка показателей метаболизма у коров с жировым гепатозом // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 3 (15). С. 74-76.
3. Горошникова Г. А., Дроздова Л. И. Особенности метаболического профиля у коров в селендефицитной зоне // Аграрный вестник Урала. 2015. № 3(133). С. 15-17.
4. Ковтуненко А. Ю. Биохимические параметры крови коров при адаптации к низким температурам // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7634> (дата обращения: 19.02.2020).
5. Кравцова О. А. Изменение показателей белкового обмена у коров при комплексном применении препарата «Селерол» и солей микроэлементов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8743> (дата обращения: 18.02.2020).
6. Кручинкина Т. В., Гаврилов Ю. А. Влияние йодсодержащего препарата на естественную резистентность глубокостельных коров и их потомство // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. Вып. 4. С. 122-127.
7. Милаева И. В., Воронина О. А., Зайцев С. Ю. Особенности метаболизма лактирующих коров // RJOAS. 2017. № 2(62). С. 275-280.
8. Морфологический состав крови коров на фоне применения селен-содержащего и тканевого препаратов в условиях Амурской области / Н. Н. Малкова, М. Е. Остякова, С. А. Щербинина, Н. С. Голайдо // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 283-290.
9. Позднякова В. Ф. Интерьерные особенности крупного рогатого скота при свободно-выгульном способе содержания в зимний период // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. № 2 (26). С. 38.
10. Хазимухаметова И.Ф. Иммуноморфологические показатели крови у коров при гепатозе в условиях техногенного загрязнения агроэкосистемы Южного Урала // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. № 1(57). С. 61-63.

11. Эленшлегер А. А., Афанасьев К. А. Биохимический статус крови у стельных коров при остеомалации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (150). С. 105-110.

12. Эффективность использования препарата Цимактин для профилактики послеродовых осложнений у коров / М. Х. Баймишев, Х. А. Сафиуллин, Х. Б. Баймишев, О. Н. Пристяжнюк // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3. С. 46-50.

13. Humann-Ziehank E. Selenium, copper and iron in veterinary medicine - From clinical implications to scientific models // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2016. Vol. 37. P. 96-103.

14. Mehdi Y., Du-frasne I. Selenium in Cattle: A Review // Molecules. 2016. № 21 (4). P. 545.

15. Serum Ornithine Carbamoyltransferase Activity and Correlation with Fatty Liver in Dairy Cows with Displaced Abomasum / Ken Onda [et al.] // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2016. № 11 (3). Pp. 85-90. DOI: 10.3844/ajavsp.2016.85.90.

Conclusions. Based on the analysis of the obtained results of the biochemical status of deep-bed cows relative to those studies in calving cows, it should be concluded that the use of Se-containing preparation and tissue preparations after calving in the second half of pregnancy contributes to the activation of reparative processes, improvement of liver function and normal recovery process of calving animals.

Reference

1. Bykova O. A., Sharygin I. V. Dinamika gematologicheskikh pokazatelej suhostojnyh korov pri ispol'zovanii kormovyh dobavok iz mestnyh istochnikov syr'ya // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2016. № 6(62). P. 110-113.

2. Vasil'eva S. V. Ocenka pokazatelej metabolizma u korov s zhirovym gepatozom // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2011. № 3 (15). P. 74-76.

3. Goroshnikova G. A., Drozdova L. I. Osobennosti metabolicheskogo profilya u korov v selendeficitnoj zone // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 3(133). P. 15-17.

4. Kovtunen A. Yu. Biohimicheskie parametry krovi korov pri adaptacii k nizkim temperaturam // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. № 6. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7634> (data obrascheniya: 19.02.2020).

5. Kravcova O. A. Izmenenie pokazatelej belkovogo obmena u korov pri kompleksnom primenении preparata "Selerol" i solej mikroelementov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. № 2. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8743> (data obrascheniya: 18.02.2020).

6. Kruchinkina T. V., Gavrilov Yu. A. Vliyanie jodsoderzhaschego preparata na estestvennyu rezistentnost' glubokostel'nyh korov i ih potomstvo // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2017. Vol. 4. P. 122-127.

7. Milaeva I. V., Voronina O. A., Zajcev S. Yu. Osobennosti metabolizma laktiruyuschih korov // RJOAS. 2017. № 2(62). P. 275-280.

8. Morfologicheskij sostav krovi korov na fone primeneniya selen-soderzhaschego i tkanevogo preparatov v usloviyah Amurskoj oblasti / N. N. Malkova, M. E. Ostyakova, S. A. Scherbina, N. S. Golajdo // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3(55). P. 283-290.

9. Pozdnyakova V. F. Inter'ernye osobennosti krupnogo rogatogo skota pri svobodno-vygul'nom sposobe soderzhaniya v zimnij period // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2014. № 2 (26). P. 38.

10. Hazimuhametova I. F. Immunomorfologicheskie pokazateli krovi u korov pri gepatoze v usloviyah tehnogennogo zagryazneniya agrojekosistemy Yuzhnogo Urala // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2016. № 1(57). P. 61-63.

11. Jelenshleger A. A., Afanas'ev K. A. Biohimicheskij status krovi u stel'nyh korov pri osteomalyacii // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4 (150). P. 105-110.

12. Jefferktivnost' ispol'zovaniya preparata Cimaktin dlya profilaktiki poslerodovyh oslozhnenij u korov / M. H. Bajmishev, H. A. Safiullin, H. B. Bajmishev, O. N. Pristjazhnyuk // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 3. P. 46-50.

13. Humann-Ziehan E. Selenium, copper and iron in veterinary medicine - From clinical implications to scientific models // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2016. Vol. 37. P. 96-103.
14. Mehdi Y., Du-frasne I. Selenium in Cattle: A Review // Molecules. 2016. № 21 (4). P. 545.
15. Serum Ornithine Carbamoyltransferase Activity and Correlation with Fatty Liver in Dairy Cows with Displaced Abomasum / Ken Onda [et al.] // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2016. № 11 (3). Pp. 85-90. DOI: 10.3844/ajavsp.2016.85.90.

Authors Information

Malkova Nadezhda Nikolaevna, Leading Researcher, Federal State Budgetary Institution "Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute" (675005, Amur Region, Blagoveshchensk, ulitsa Severnaya, 112), candidate of biological sciences, tel. 8 (4162) 49-11-87, e-mail: mnn.1@mail.ru

Ostyakova Marina Evgenievna, Director of the Federal State Budgetary Institution "Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute" (Russian Federation, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, ulitsa Severnaya 112), Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, tel. 8 (4162) 52-21-19, e-mail: most-68@bk.ru

Sherbinina Svetlana Alekseevna, Junior Researcher, Federal State Budgetary Institution "Far Eastern Zonal Research Veterinary Institute" (112, Severnaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Blagoveshchensk, Russia, 675005). 8 (4162) 49-11-87, e-mail: s-shherbinina@mail.ru

Golaydo Natalya Sergeevna, Researcher, Federal State Budgetary Institution "Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute" (Russian Federation, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, ulitsa Severnaya, 112), tel. 8 (4162) 49-11-87, e-mail: ngolaydo86@mail.ru

Информация об авторах

Малкова Надежда Николаевна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), кандидат биологических наук, тел. 8 (4162) 49-11-87, e-mail: mnn.1@mail.ru

Остякова Марина Евгеньевна, директор ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), доктор биологических наук, доцент, тел. 8 (4162) 52-21-19, e-mail: most-68@bk.ru

Щербинина Светлана Алексеевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), тел. 8 (4162) 49-11-87, e-mail: s-shherbinina@mail.ru

Голайдо Наталья Сергеевна, научный сотрудник ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), тел. 8 (4162) 49-11-87, e-mail: ngolaydo86@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-35

APPLICATION OF COMPOUND FEEDS USING LOCAL FEED SOURCES FOR GROWING RAINBOW TROUT

**S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, O. V. Korneeva,
Yu. M. Batrakova, I. Y. Danilenko**

Volgograd State Agrarian University

Received 09.06.2020

Submitted 25.08.2020

The work was carried out on the topic of the State task "conducting research to assess the effectiveness of the use of protein components of domestic production in feed for valuable fish species (sturgeon) and developing a norm for the introduction of new protein components in full-fledged feed for aquaculture facilities" Ministry of agriculture of the Russian Federation

Summary

This article presents the results of using protein concentrate from vegetable raw materials and mustard oil in feeding rainbow trout. The research was carried out in the fish farm of LLC «PRIBOY» in the Volgograd region. During the research, it was found that all morphological and biochemical parameters of the blood of rainbow trout were within the limits of the physiological norm. However, it should be noted that the best option from both a zootechnical and economic point of view was the feeding option, in which the content of fish meal was reduced to 48% and additionally introduced protein concentrate in the amount of 15% and soybean seed cake 5 %. The fish oil content was also reduced to 4.62 % and mustard seed oil was added – 8.00 %.

Abstract

Introduction. The prospect of industrial fish farming today is trout farming. Therefore, to achieve success in trout farming, you need to take into account one main factor – balanced feeding, which should be inexpensive. The purpose of our work was to evaluate the effect of compound feeds with local feeds (protein concentrate and mustard oil) on the growth rate of rainbow trout. To begin with, we studied the nutritional composition of the feed often used in fish feeding - flour from non-food fish and soybean cake, and the local protein concentrate «Sarepta». It was revealed that the most valuable and expensive ingredient (raw protein) was in fish meal (%) – 61.40, in protein concentrate and soy cake – 37.50 and 48.56. **Object.** The object of the research was the juvenile rainbow trout. **Materials and methods.** The research was conducted in the fish farm of LLC «PRIBOY» in the Volgograd region. we selected one control group and three experimental groups of 40 trout heads each. The experiment lasted 217 days. We have compiled recipes for compound feeds for trout. Feed for trout control consisted of (%): flour (fish) – 68, flours cereal – 16,30, fat fish – 12,62, the remaining held – vitamins, minerals and antioxidants, to 3.08. Trout experimental groups of fish flour replaced with protein concentrate and press cake from soybeans, 20 %, 40 %, 60 %, and fat fish partly on mustard oil. **Results and conclusions.** The mass of individuals when put to the test was 30 grams. At the end of the experiment, this indicator in all groups varied in reference values from 320 g to 394 g. The leading place was given to the control trout. In the 2-experimental group, trout had a live weight lower by 24 g or 6.09%, 3-experimental and 4-experimental-34 g or 8.63 % and 74 g or 18.78 %. The analyzed blood composition, both morphological and biochemical, showed that the fish of all groups had studied indicators within the normal range. So, among the experimental groups of trout, the most profitable was mixed feed, in which the amount of fish flour was reduced to 48% and included protein concentrate in the amount of 15% and soybean seed cake 5 %, the fish oil content was also reduced to 4.62% and mustard seed oil was added – 8.00 %.

Key words: trout, feeding, concentrate «Sarepta», fish oil, mustard oil, cake, feed, live weight, growth, blood indicators.

Citation. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Korneeva O. V., Batrakova Yu. M., Danilenko I. Y. Application of compound feeds with the use of local feed sources for growing rainbow trout // *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 324-333 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-35.

Author's contribution. All the authors of this study participated in the planning, implementation, and analysis of the study results. All authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors stated that there were no conflicts of interest.

УДК 639.37:636.085.55

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИКОРМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ КОРМОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

С.И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.К. Карапетян, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

О.В. Корнеева, магистр

Ю.М. Батракова, аспирант

И.Ю. Даниленко, ассистент

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 00.00.2020

Дата принятия к печати 00.00.2020

**Работа выполнена по теме Государственного задания «Проведение исследований по оценке результативности использования белковых компонентов отечественного производства в комбикормах для ценных видов рыб (осетровых) и разработка нормы ввода новых белковых компонентов в полноценные комбикорма для объектов аквакультуры»
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

Актуальность. Перспективой индустриального рыбоводства на сегодня является форелеводство. Поэтому, чтобы добиться в форелеводстве успехов, нужно учесть один главный фактор – недорогое сбалансированное кормление. Целью нашей работы было оценить влияние комбикормов совместно с местными кормами (белковый концентрат и горчичное масло) на интенсивность роста

радужной форели. Для начала нами был изучен питательный состав часто используемого в кормлении рыб корма – мука из непищевой рыбы и жмых из сои, и местный белковый концентрат «Сарепта». Выявлено, что наиболее ценный и дорогой ингредиент (сырой протеин) был в рыбной муке (%) – 61,40, в белковом концентрате и жмыхе соевом – 37,50 и 48,56. **Объект.** Объектом исследований явилась молодь радужной форели. **Материалы и методы.** Исследования провели в рыбноводческом хозяйстве ООО «Прибой» Волгоградской области. Нами были подобраны одна контрольная и три опытных группы по 40 голов форели в каждой. Опыт продолжался 217 дней. Нами были составлены рецепты комбикормов для форели. Комбикорм для форели из контроля состоял из (%): муки (рыбной) – 68, муки злаковой – 16,30, жира рыбьего – 12,62, оставшуюся часть занимали – витамины, минералы и антиоксидант – 3,08. Для форели опытных групп муку рыбную заменяли на белковый концентрат и жмых из сои на 20 %, 40 %, 60 %, а жир рыбий частично на горчичное масло. **Результаты и выводы.** Масса особей при постановке на опыт была 30 граммов. В конце опыта данный показатель во всех группах варьировал в референтных значениях от 320 г до 394 г. Лидирующее место было отведено контрольной форели. Во 2-опытной группе форель имела живую массу ниже на 24 г или 6,09 %, 3-опытной и 4-опытной – 34 г, или 8,63 % и 74 г, или 18,78 %. Проанализированный состав крови, как морфологический, так и биохимический, показал, что рыба всех групп имела изученные показатели в пределах нормы. Так, среди опытных групп форели наиболее выгодным был комбикорм, в котором количество муки рыбной уменьшили до 48 % и включили белковый концентрат в количестве 15 % и жмых из семян сои 5 %, также было снижено содержание рыбьего жира до 4,62 % и добавлено масло из семян горчицы – 8,00 %.

Ключевые слова: форель, кормление, концентрат «Сарепта», рыбий жир, горчичное масло, жмых, комбикорм, живая масса, прирост, показатели крови.

Цитирование. Николаев С.И., Карапетян А.К., Корнеева О.В., Батракова Ю.М., Даниленко И.Ю. Применение комбикормов с использованием местных кормовых источников при выращивании радужной форели. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 324-333. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-35.

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

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. Перспективной линией индустриального рыбоводства все больше становится форелеводство [9, 11].

Нынешнее товарное рыбоводство создано на базе рационального кормления рыб [7]. В хозяйствах, занимающихся разведением форели, натуральная пища не имеет особого значения и в большей степени или полностью замещается дополнительно вносимым комбикормом [4, 6]. Таким образом, проблема кормления форели наиболее значима.

Известно, что благополучное ведение аквакультуры опирается на использование полноценных кормов, их цена может достигать около 50 % от затрат на выращивание рыбы [1, 3, 12].

Цель работы – оценка интенсивности роста радужной форели, которая была выращена на комбикормах с белковым концентратом и горчичным маслом.

Объект исследования. Объектом исследований явилась молодь радужной форели.

Материалы и методы. Перед проведением опыта на рыбе мы изучили питательность рыбной муки, белкового концентрата «Сарепта», соевого жмыха.

Далее для проведения исследований, в условиях рыбноводческого хозяйства ООО «Прибой» Быковского района Волгоградской области. Нами были подобраны одна контрольная и три опытных группы по 40 голов в каждой. В комбикормах для рыб опытных групп замещали рыбную муку на белковый концентрат из растительного сырья и рыбьего жира на горчичное масло на 20, 40, 60 %.

Средняя живая масса при постановке на опыт составляла 30 грамм (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Table 1 – Overview of experience

Группа / Group	Количество рыб в группе, n / Number of fish in the group, n	Прод. опыта, недель / Prod. experience, weeks	Особенности кормления / Feeding features
1 контрольная / 1 control	40	31	Стандартный комбикорм / Standard feed
2 опытная / 2 experien	40	31	Комбикорм с 20 % замещением рыбной муки на белковый концентрат из растительного сырья и рыбьего жира на горчичное масло / Compound feed with 20 % substitution of fish meal for protein concentrate from vegetable raw materials and fish oil for mustard oil
3 опытная / 3 experien	40	31	Комбикорм с 40 % замещением рыбной муки на белковый концентрат из растительного сырья и рыбьего жира на горчичное масло / Compound feed with 40 % substitution of fish meal for protein concentrate from vegetable raw materials and fish oil for mustard oil
4 опытная / 4 experien	40	31	Комбикорм с 60 % замещением рыбной муки на белковый концентрат из растительного сырья и рыбьего жира на горчичное масло / Compound feed with 60 % substitution of fish meal for protein concentrate from vegetable raw materials and fish oil for mustard oil

Кормление рыбы осуществлялось в светлое время суток. Кратность кормления, суточные нормы и размеры гранул менялись с учетом температуры воды, количества растворенного кислорода и живой массы рыбы.

Питательность изучаемых кормов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав кормов и добавок, используемых при выращивании радужной форели, %

Table 2 – Chemical composition of feed and additives used in the cultivation of rainbow trout, %

Показатель / Indicator	Рыбная мука / Fish meal	Белковый концентрат / Protein concentrate	Соевый жмых / Soybean meal
Вода / Water	6,60	8,10	12,15
Сухое вещество / Dry matter	93,40	91,90	87,85
Жир сырой / Crude fat	9,80	8,40	2,12
Клетчатка сырая / Crude fiber	1,80	11,60	4,26
Сырая зола / Raw ash	11,30	6,60	6,50
Сырой протеин / Crude protein	61,40	37,50	48,56

Анализируя данные о химическом составе кормов и добавок, используемых при выращивании радужной форели, можно сделать вывод, что растительные компоненты значительно уступают рыбной муке по содержанию протеина и содержат значительное количество клетчатки. Поэтому необходимо помнить, что высокое содержание клетчатки может оказывать негативное влияние на усвоение питательных веществ рациона.

Как известно, важнейшую роль на показатели продуктивности радужной форели оказывает не только количественное содержание протеина, но и его качественный состав [2, 10].

Сумма аминокислот в рыбной муке (%) – 48,85, в белковом концентрате местного происхождения – 25,01, а в соевом шроте – 39,16.

Для оптимального роста и развития радужной форели используют комбикорма, в которых учтены количество и соотношение основных питательных веществ [5, 8]. Состав кормов и добавок, используемых при выращивании радужной форели, отражен на рисунках с 1 по 4.

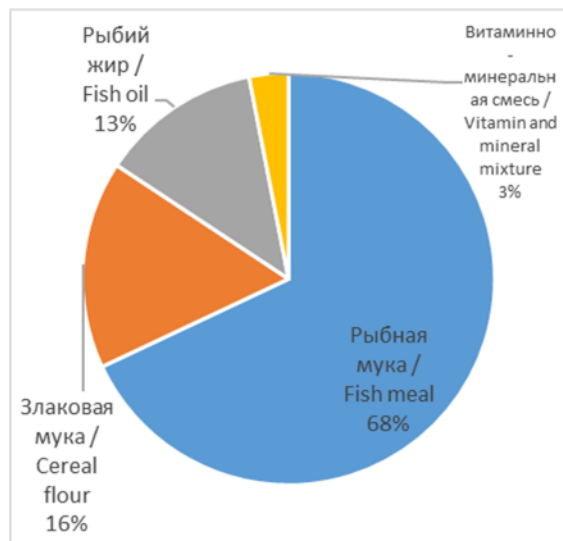


Рисунок 1 – Состав рациона для контрольной форели

Figure 1 – Composition of the diet for control trout

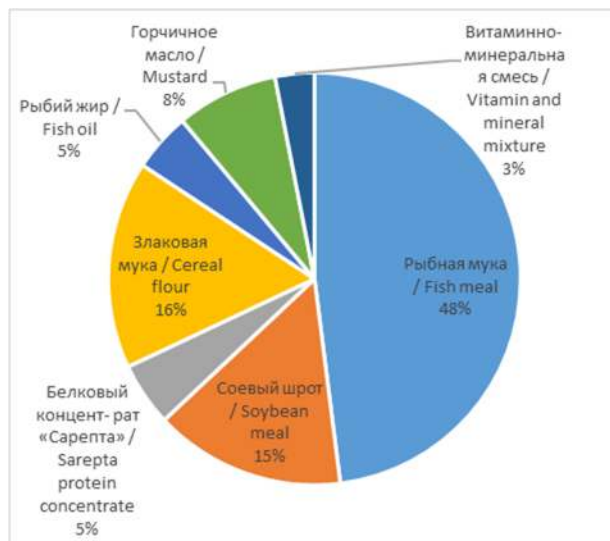


Рисунок 2 – Состав рациона для форели 2-опытной группы

Figure 2 – Composition of the diet for trout 2-experi

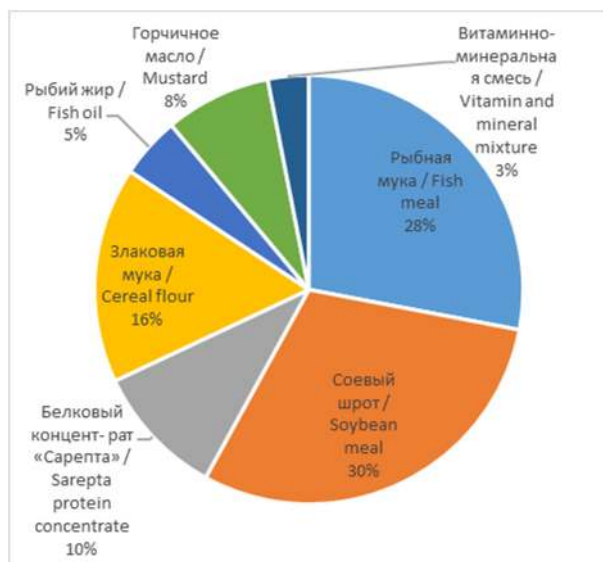


Рисунок 3 – Состав рациона для форели 3-опытной группы

Figure 3 – Composition of the diet for trout 3-experi

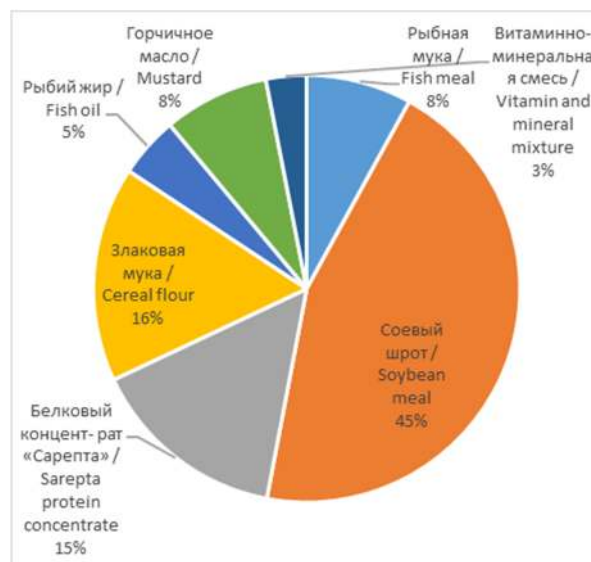


Рисунок 4 – Состав рациона для форели 3-опытной группы

Figure 4 – Composition of the diet for trout 4-experi

Вода в рыбоводном хозяйстве поступает из артезианской скважины. Температура воды в течение года имела колебания в пределах 7-16 °C (рисунок 5).

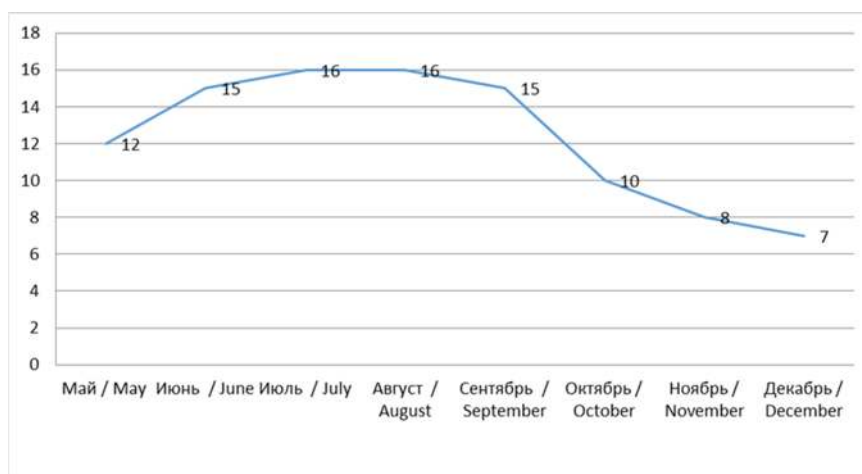


Рисунок 5 – Температурный режим воды в бассейнах

Figure 5 – Temperature regime of water in pools

Вода из скважин содержит низкое количество кислорода – 0,5-0,7 мг/л. Увеличение количества кислорода осуществлялось с помощью аэраторов.

Каждая группа содержалась в индивидуальных бассейнах площадью 2 м². Вода в бассейны подавалась после предварительной обработки из бассейна-накопителя.

Гидрохимические показатели воды в период опыта соответствовали нормативным показателям.

Результаты и обсуждение. Изменения живой массы радужной форели определяли по данным еженедельных взвешиваний, по результатам которых рассчитывали абсолютный, относительный и среднесуточные приросты живой массы (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели рыбопродуктивности радужной форели

Table 3 – Indicators of fish productivity of rainbow trout

Показатель/ Indicator	Группа / Group			
	1 контрольная / 1 control	2 опытная / 2 experien	3 опытная / 3 experien	4 опытная / 4 experien
Живая масса в конце опыта, г / Live weight at the end of the experiment, g	394,00	370,00	360,00	320,00
Абсолютный прирост, г / Absolute growth, g	364,00	340,00	330,00	290,00
Среднесуточный прирост, г / Average daily grow	1,68	1,57	1,52	1,34
Относительный прирост, % / Relative increase,	1213,30	1133,30	1100,00	966,70
Выживаемость за период опыта, % / Survival rate for the period of experience, %	87,50	87,50	85,00	80,00
Суммарная ихтиомасса в конце опыта / Total ichthyomass at the end of the experimen	13790,00	13545,00	12240,00	10240,00

Из полученных данных видно, что наилучшими показателями прироста живой массы отличались животные контрольной группы, аналоги из опытных групп с увеличением содержания в рационах белка растительного происхождения характеризовались меньшей живой массой. Так, радужная форель в конце выращивания имела живую массу больше, чем в опытных группах со 2 по 4 соответственно на 6,49; 9,44; 23,13 %.

Аналогичная тенденция наблюдалась при анализе абсолютного, среднесуточного, относительного приростов. На основании этих закономерностей можно делать вывод о том, что замена дорогостоящей рыбной муки на белковый концентрат из растительного сырья и рыбьего жира на горчичное масло в количестве 20 %; 40 %; 60 % позволяет получать достаточную продуктивность радужной форели, по сравнению с контрольной группой рыбы, где использовалось 100 % рыбной муки. Однако если замена рыбной муки до 40 % на белковый концентрат из растительного сырья приводит к потерям живой массы в пределах 10 %, то дальнейшее снижение доли рыбной муки увеличивает этот показатель вдвое – до 23,13 %.

В наших исследованиях наибольшая сохранность наблюдалась в контрольной группе и снижалась по мере увеличения количества в рационах опытных групп растительного белка. Разницы между контролем и 2-й опытной группой не наблюдалось, между контролем и 3, 4-й опытными группами составила соответственно 2,5 и 7 %.

Снижение живой массы рыбы в опытных группах и увеличение отхода сказалось на снижении ихтиомассы. Контрольная группа по данному показателю превосходила аналогов из 2, 3 и 4-й опытных групп соответственно на 6,49; 12,66 и 34,67 % соответственно.

В расчете на 1 килограмм ихтиомассы затраты комбикормов при выращивании радужной форели контрольной группы составили 1580 грамм, по опытным группам затраты были 1682 грамм во 2-ой опытной группе, 1780 грамм в 3 опытной группе и 2128 грамм в 4 опытной группе. Таким образом, замещение дефицитного рыбного корма на белковый концентрат, мало сказалось на затратах комбикормов в группах второй и третьей опытной, на 6,09 и 11,24 % соответственно. Однако в четвертой опытной группе затраты корма на 1 кг прироста превысили показатели контроля на 25,74 %.

Для оценки эффективности замещения рыбной муки на 20 %; 40 %; 60 % на белковый концентрат из растительного сырья и рыбьего жира на горчичное масло были проведены исследования морфологических и биохимических показателей крови радужной форели всех групп (таблица 4).

Таблица 4 – Морфологические и биохимические показатели крови радужной форели

Table 4 – Morphological and biochemical parameters of rainbow trout blood

Показатель / Indicator	1 контрольная / 1 control	2 опытная / 2 experien	3 опытная / 3 experien	4 опытная / 4 experien
Июнь / June				
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Red blood cells, $10^{12}/l$	1082,0	1076,0	1085,0	1084,0
Лейкоциты, $10^9/л$ / White blood cells, $10^9/l$	170,3	169,8	168,5	170,1
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g / l	68,4	67,9	68,8	68,1
Сентябрь / September				
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Red blood cells, $10^{12}/l$	920,3	918,5	915,6	870,3
Лейкоциты, $10^9/л$ / White blood cells, $10^9/l$	890,2	887,7	884,2	870,5
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g / l	63,1	62,9	60,6	58,3
Декабрь / December				
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Red blood cells, $10^{12}/l$	863,2	861,6	857,4	846,9
Лейкоциты, $10^9/л$ / White blood cells, $10^9/l$	728	726,4	722,3	716,4
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g / l	71,8	71,5	70,5	69,4

Анализируя морфологические и биохимические показатели крови радужной форели всех групп, следует заметить, что все показатели были в пределах физиологической нормы.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что изучаемый комбикорм с кормовым концентратом из растительного сырья и рыбьего жира на горчичное масло соответствует предъявляемым требованиям, является физиологически и биохимически полноценным.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что изучаемые комбикорма для рыб, в которых замещали рыбную муку на белковый концентрат и рыбьего жира на горчичное масло на 20 % и 40 %, соответствуют предъявляемым требованиям, экономически целесообразны и подтверждены производственной апробацией.

Выводы. Таким образом, относительный прирост форели во 2-опытной группе составил 1133,30 %, и был меньше контроля на 80 %. Однако выживаемость особей в данной группе была на одном уровне с контрольной группой. Следует отметить, что наиболее эффективным и экономичным считается рецепт комбикорма, в котором количество рыбной муки снизили с 68 % до 48 % и ввели концентрат белковый в количестве 15 % и жмых из семян сои 5 %. При этом снизили содержание рыбьего жира с 12,62 % до 4,62 % и добавили масла из семян горчицы – 8,00 %.

Библиографический список

1. Власов, В.А. Использование биологически активных добавок в кормлении рыб / В.А. Власов, А.В. Ельшов, И.С. Кулькова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 6 (149). С. 68-77.
2. Власов, В.А. Использование кормовой добавки "Сангровит EXTRA" в кормлении радужной форели / В.А. Власов, А.В. Ельшов, А.О. Ревякин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2019. № 1 (156). С. 22-29.
3. Гусева, Ю.А. Оптимизация кормления -одно из условий получения безопасной рыбной продукции / Гусева Ю.А. // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 4 (147). С. 56-63.
4. Дзюбук, И.М. Влияние режима кормления на молодь радужной форели в зимний период / И.М. Дзюбук, А.Е. Курицын, А.В. Полина // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 4 (149). С. 24-28.
5. Максимова, О.С. Оценка темпа роста радужной форели, выращенной с использованием в рационах кормления гидролизата соевого белка / О.С. Максимова, Ю.А. Гусева // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 14-17.
6. Нечаева, Т.А. Применение витаминно-аминокислотного комплекса Гемобаланс при выращивании радужной форели / Т.А. Нечаева // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2014. № 2 (22). С. 44-49.
7. Паршуков, А.Н. Микробиоценоз радужной форели в садковых хозяйствах Северной Карелии / А.Н. Паршуков, Н.А. Сидорова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 1. С. 28-33.
8. Dingcong, He. Effects of Feeding Frequency on the Post-Feeding Oxygen Consumption and Ammonia Excretion of the Juvenile Snakehead / He Dingcong, Li Ge, Xie Hang, Liu Shuting, Luo Yiping // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015. №15. P. 293-301
9. Harvey, A.C. Plasticity in response to feed availability: does feeding regime influence the relative growth performance of domesticated, wild and hybrid atlantic salmon salmo salar parr? / A.C. Harvey, S. Creer, G.R. Carvalho, M.F. Solberg, K.A. Glover, M.I. Taylor // Journal of Fish Biology. 2016. Vol. 89. № 3. С. 1754-1768.
10. Naderi Farsani, M. Dietary effects of coriandrum sativum extract on growth performance, physiological and innate immune responses and resistance of rainbow trout (Oncorhynchus Mykiss) against yersinia ruckeri / M. Naderi Farsani, S.H. Hoseinifar, G. Rashidian, H. Ghafari Farsani, G. Ashouri, H. Van Doan // Fish & Shellfish Immunology. - 2019. Vol. 91. P. 233-240

11. Sánchez-Hernández, J. Drivers of diet patterns in a globally distributed freshwater fish species / J. Sánchez-Hernández, P.-A. Amundsen, A.G. Finstad, J.V. Arnekleiv, G. Kjærstad // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2019. № 8. P. 1263-1274.

12. Yarahmadi, P. Protective effects of the prebiotic on the immunological indicators of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) infected with *aeromonas hydrophila* / P. Yarahmadi, H. Ghafari Farsani, A. Khazaei, M. Khodadadi, G. Rashidiyan, M.A. Jalali // Fish & Shellfish Immunology. 2016. Vol. 54. P. 589-597.

Conclusions. Thus, the relative growth of trout in the 2-test group was 1133.30 %, and was less than the control by 80 %. However, the survival rate of individuals in this group was at the same level as the control group. It should be noted that the most effective and economical formula is considered to be mixed feed, in which the amount of fish meal was reduced from 68% to 48% and protein concentrate was introduced in the amount of 15% and soybean seed cake 5 %. At the same time, we reduced the fish oil content from 12.62% to 4.62% and added mustard seed oil – 8.00 %.

Reference

1. Vlasov, V. A. Ispol'zovanie biologicheskii aktivnykh dobavok v kormlenii ryb / V. A. Vlasov, A. V. El'shov, I. S. Kul'kova // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. 2018. № 6 (149). P. 68-77.

2. Vlasov, V. A. Ispol'zovanie kormovoj dobavki "Sangrovit EXTRA" v kormlenii raduzhnoj foreli / V. A. Vlasov, A. V. El'shov, A. O. Revyakin // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. 2019. № 1 (156). P. 22-29.

3. Guseva, Yu. A. Optimizatsiya kormleniya -odno iz uslovij polucheniya bezopasnoj rybnoj produkcii / Guseva Yu. A. // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. 2018. № 4 (147). P. 56-63.

4. Dzyubuk, I. M. Vliyanie rezhima kormleniya na molod' raduzhnoj foreli v zimnij period / I. M. Dzyubuk, A. E. Kuricyn, A. V. Polina // Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 4 (149). P. 24-28.

5. Maksimova, O. S. Ocenka tempa rosta raduzhnoj foreli, vyraschennoj s ispol'zovaniem v racionah kormleniya gidrolizata soevogo belka / O. S. Maksimova, Yu. A. Guseva // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. № 3. P. 14-17.

6. Nechaeva, T. A. Primenenie vitaminno-aminokislotnogo kompleksa Gemobalans pri vyraschivanii raduzhnoj foreli / T. A. Nechaeva // Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii. 2014. №. 2 (22). P. 44-49.

7. Parshukov, A. N. Mikrobiocenoz raduzhnoj foreli v sadkovykh hozyajstvakh Severnoj Karelii / A. N. Parshukov, N. A. Sidorova // Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. № 1. P. 28-33.

8. Dingcong, He. Effects of Feeding Frequency on the Post-Feeding Oxygen Consumption and Ammonia Excretion of the Juvenile Snakehead / He Dingcong, Li Ge, Xie Hang, Liu Shuting, Luo Yiping // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015. №15. P. 293-301

9. Harvey, A.C. Plasticity in response to feed availability: does feeding regime influence the relative growth performance of domesticated, wild and hybrid atlantic salmon *salmo salar* parr? / A.C. Harvey, S. Creer, G.R. Carvalho, M.F. Solberg, K.A. Glover, M.I. Taylor // Journal of Fish Biology. 2016. Vol. 89. № 3. C. 1754-1768.

10. Naderi Farsani, M. Dietary effects of coriandrum sativum extract on growth performance, physiological and innate immune responses and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) against *yersinia ruckeri* / M. Naderi Farsani, S.H. Hoseinifar, G. Rashidian, H. Ghafari Farsani, G. Ashouri, H. Van Doan // Fish & Shellfish Immunology. - 2019. Vol. 91. P. 233-240

11. Sánchez-Hernández, J. Drivers of diet patterns in a globally distributed freshwater fish species / J. Sánchez-Hernández, P.-A. Amundsen, A.G. Finstad, J.V. Arnekleiv, G. Kjærstad // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2019. № 8. P. 1263-1274.

12. Yarahmadi, P. Protective effects of the prebiotic on the immunological indicators of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) infected with *aeromonas hydrophila* / P. Yarahmadi, H. Ghafari Farsani, A. Khazaei, M. Khodadadi, G. Rashidiyan, M.A. Jalali // Fish & Shellfish Immunology. 2016. Vol. 54. P. 589-597.

Authors Information

Nikolaev Sergey Ivanovich, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694> nikolaevvolgau@yandex.ru

Karapetyan Angela Keropovna, associate Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals" of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), candidate of agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604> a.k.karapetyan@bk.ru

Korneeva Olga Vladimirovna, master of the faculty of Biotechnology and veterinary medicine of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-3652> korneevaoluhka97@mail.ru

Batrakova Yulia Mikhailovna, postgraduate student of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

Danilenko Irina Yuryevna, assistant of the Department "Feeding and breeding of farm animals" of Volgograd state agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26). ORCID: 0000-0002-9462-3473 taranova_15@mail.ru.

Информация об авторах

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> nikolaevvolgau@yandex.ru

Карапетян Анжела Кероповна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604> a.k.karapetyan@bk.ru

Корнеева Ольга Владимировна, магистр факультета «Биотехнологии и ветеринарная медицина» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-3652> korneevaoluhka97@mail.ru

Батракова Юлия Михайловна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6517-770X> yulya.batrakova.95@mail.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, ассистент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), ORCID: 0000-0002-9462-3473 taranova_15@mail.ru.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-36

SOIL COVER OF THE ARCHEDA AND DON INTERFLUVE SAND MASSIV

V. V. Borodychev¹, A. K. Kulik², R. N. Balkushkin², O. A. Gordienko^{2,3}

¹All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow

²Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Science», Volgograd

³Volgograd State University, Volgograd

Received 27.05.2020

Submitted 15.08.2020

Abstract

Introduction. The work identified the main soil types of the Archedinsko-Don sandy massif and their place in the classification of soils in Russia in 2004 (8), as well as in the international abstract database of soil resources WRB-2014 (update-2015). **Object.** The object of research is the soils of the Archedinsko-Don sandy massif. **Materials and methods.** During the writing of this article, three different soil classifications were used. The description of the morphological features of soils was carried out using the field guide for soils of Russia in 2008 and the FAO [8]. The names are given in accordance with the Classification and Diagnostics of Soils in Russia in 2004 and the international classification WRB-2014 (update 2015) [12]. **Results and conclusions.** On the basis of the conducted route-field and remote sensing studies, the main types of sands of the Archedinsko-Don sandy massif with dominant soil types were identified. Light-humus soils (Arenosols) are most widespread within the massif. Dark humus soils (Phaeozems) are located mainly on the high third terrace of the r. Archeda. The landscape complex, represented by overgrown depressions, ancient streams with hydromorphic alluvial dark-humus soils (Mollic Fluvisols) in combination with dark-humus stratozems (Arenosols (Humic)) and light-humus soils, is expressed on the territory of the massif in separate areas along closed depressions between rounded or elongated formations. The soil cover of the Archedinsko-Don sands is represented by soils of different ages, formed in different phases of deflation. A comprehensive study of the soils of the Archedinsko-Don sandy massif is very important for the purposes of the economic use of sandy lands, since they have a high ecological and economic potential.

Key words: sandy massif, sandy soils, types of sand, light-humus soils (Arenosols), humus psammozems (Arenosols), WRB, Russian soil classification.

Citation. Borodychev V. V., Kulik A. K., Balkushkin R. N., Gordienko O. A. Soil cover of the Archeda and Don interfluvial sand massif. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 334-343 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-36.

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

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

УДК 631.42:631.44

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ АРЧЕДИНСКО-ДОНСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА

В. В. Бородычев¹, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

А. К. Кулик², кандидат сельскохозяйственных наук

Р. Н. Балкушкин², аспирант; О. А. Гордиенко^{2,3}, аспирант

¹Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (Волгоградский филиал)

²ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

³Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 27.05.2020

Дата принятия к печати 15.08.2020

Актуальность. В работе были определены основные типы почв Арчединско-Донского песчаного массива и их место в классификации почв России 2004(8) года, а также в международной реферативной базе почвенных ресурсов WRB-2014 г. (update-2015). **Объект.** Объектом

исследований являются почвы Арчединско-Донского песчаного массива. **Материалы и методы.** В процессе написания статьи были использованы три различные почвенные классификации. Описание морфологических особенностей почв выполнялось с использованием полевого определителя почв России 2008 г. и ФАО [8]. Названия даны в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России 2004 г. и международной классификацией WRB-2014 (update 2015) [12]. **Результаты и выводы.** На основе проведенных маршрутно-полевых и дистанционных исследований были выделены основные типы песков Арчединско-Донского песчаного массива с доминирующими на них типами почв. Наибольшее распространение в пределах массива имеют светло-гумусовые почвы (Arenosols). Темно-гумусовые почвы (Phaeozems) расположены в основном на высокой третьей террасе р. Арчеды. Ландшафтный комплекс, представленный заросшими депрессиями, древними водотоками с гидроморфными аллювиальными темно-гумусовыми почвами (Mollic Fluvisols) в комплексе со стратоземами темно-гумусовыми (Arenosols (Humic)) и светло-гумусовыми почвами, выражен на территории массива отдельными участками по замкнутым понижениям округлой или вытянутой между грядами формой. Почвенный покров Арчединско-Донских песков представлен разновозрастными почвами, сформированными в разные фазы дефляции. Комплексное изучение почв Арчединско-Донского песчаного массива очень важно для целей хозяйственного использования песчаных земель, поскольку они имеют высокий эколого-экономический потенциал.

Ключевые слова: *песчаные массивы, песчаные почвы, типы песков, светло-гумусовые почвы (Arenosols), псаммоземы гумусовые (Arenosols), WRB, классификация почв России.*

Цитирование. Бородычев В. В., Балкушкин Р. Н., Гордиенко О. А., Кулик А. К. Почвенный покров Арчединско-Донского песчаного массива. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 334-343. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-36.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Песчаные массивы в пределах Волгоградской области имеют наибольшее распространение в левобережной части р. Дон, где они занимают значительные пространства по речным системам его притоков. Пески в основном приурочены к речным разновозрастным террасам, постепенно переходящим к внепойменным элементам рельефа, склонам водораздельных плато. Формирование почв происходило соответственно в разное время, по мере врезания долин рек и образования характерных элементов мезорельефа. Антропогенный фактор и интенсивная деятельность ветра также внесли весомый вклад в формирование почвенного покрова песчаных массивов Дона. Учитывая неоднородность растительных ассоциаций, орографических и гидро-геологических условий местности, песчаные массивы можно рассматривать как территорию, имеющую достаточно разнообразный почвенный покров. В пределах Арчединско-Донских песков, занимающих площадь около 222 тыс. га, также прослеживается неоднородность природных условий, позволяющая выделить различные типы почв [2]. Эти почвы (кроме примитивных) отличаются от зональных большей мощностью гумусо-аккумулятивного горизонта, но меньшей степенью гумусированности, полной или частичной выщелочностью от карбонатов и др. Водный режим почв имеет промывной или периодически промывной тип.

Огромный объем работ по комплексному изучению песчаных массивов был проделан в прошлом столетии. Изучением песчаных массивов занимались такие ученые, как А. Г. Гаель (1930, 1999 гг.), В. Н. Виноградов (1964 г.), В. А. Дубянский (1949 г.), А. Е. Иванов (1955 г.), Н. Ф. Кулик (1979 г.), Т. Ф. Якубов (1955 г.) и др. В их рабо-

тах были рассмотрены особенности песков как осадочной породы, разнообразные формы песчаного рельефа, гидрогеологические условия, формирование растительного и почвенного покрова, дана характеристика морфологических, физических и химических свойств и особенностей водного режима песчаных почв, предложены различные схемы их классификации. В настоящее время многие аспекты требуют более подробного изучения с учетом современных методов исследования.

Изучение почв песчаных массивов является актуальным направлением исследований не только в России, но и за рубежом. В странах Юго-Восточной Азии песчаные земли рассматриваются как территория, на которой потенциально возможно возделывать различные сельскохозяйственные культуры. Важнейшим вопросом при этом остается минимизация воздействия ограничивающих факторов для хозяйственного производства, таких как дефицит питательных веществ, кислотность, низкая водоудерживающая способность и риск дефляции песчаных почв (Hoang T., Richard W., 2010 г., Seng V., Bell R., White P., Schoknecht N., Hin S., Vance W., 2007 г.). В Европейских странах особое внимание уделяют деградационным процессам, причиняющим ущерб экологическим функциям песчаных почв и снижающим их способность производить необходимую продукцию (Ignat P., Eftene A., Vrinceanu A., Anghel A., 2009 г., Skodowski P., Szafranek A., Bielska A. 2012 г.). В странах Африки, как и в России, большая часть песчаных земель отводится под пастбища. Интенсивный выпас скота приводит к стрессовому состоянию почв, поэтому вопросы, касающиеся снижения антропогенного воздействия на песчаные почвы, является здесь наиболее актуальными (Hartemink A.E., Huting J., 2005 г.). В Австралии также имеют место быть проблемы, связанные с земледелием на почвах легкого гранулометрического состава. Специалистами и учеными поставлена задача выявления новых методов и технологий ведения хозяйства на песчаных землях, решение которой позволит увеличить объемы производства и послужит стимулом для привлечения определенных инвестиций [11]. Анализ литературных источников позволяет заключить, что во многих странах основной целью изучения песчаных почв являются вовлечение их в сельскохозяйственный оборот и препятствование развитию деградационных процессов.

Комплексное изучение почв Арчединско-Донского песчаного массива очень важно для целей хозяйственного использования песчаных земель, поскольку рациональное обустройство территории предполагает детальное исследование почвенного покрова как одного из важнейших аспектов при выборе того или иного типа природопользования.

Материалы и методы. Материалы почвенных исследований были получены сотрудниками лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН в ходе водно-балансовых исследований песчаных массивов Дона, а также в ходе полевой комплексной экологической практики студентов Волгоградского государственного университета. Морфологическое описание почвенных разрезов проводилось согласно полевому определителю почв России 2008 г. В основу деления территории на типы песков положена плотность растительного покрова, рельеф, уровень грунтовых вод и почвенная характеристика. Лабораторно-аналитические исследования почв проводили в соответствии с общепринятыми методами.

Арчединско-Донской песчаный массив расположен в пределах Фроловского и Серафимовичского районов Волгоградской области. Северная граница проходит по правобережью р. Арчеда на переходе третьей террасы в приводораздельный склон. Восточная граница проходит вдоль трассы Москва-Волгоград Е119, южная граница – по дороге Лог-поселок Вилтов. Западная и северо-западная граница – по пойме рек Дона и Медведицы.

Согласно климатическому районированию, район исследований расположен в атлантико-континентальной европейской (степной) области умеренного пояса. Данная область характеризуется как теплая и недостаточно влажная [4]. По данным метеостанций Фролово и Серафимович, годовая сумма осадков составляет около 430-440 мм.

Песчаный массив расположен в пределах сухих степей. Эдификаторами здесь являются плотнодерновинные злаки: ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*), ковыль Иоанна (*Stipa pennata*), овсяница Беккера (*Festuca beckeri*), из мелкодернинных злаков господствуют типчак желобчатый (*Festuca valesiaca*) и келерия тонкая (*Koeleria cristata*), из разнотравья встречаются грудница мохнатая (*Linosyris villosa*), кермек сарептский (*Limonium sareptanum*), василек песчаный (*Centaurea arenaria*), чабрец душистый (*Thymus odoratissimus*), а по бровкам балок – прутняк (*Vitex agnus-castus*), эбелек (*Ceratocarpus arenarius*) [3].

Слабозаросшие бугристые пески обладают специфическими водно-физическими свойствами и в определенной степени подвижностью субстрата, что обусловило появление здесь псаммофитов, таких как овес песчаный (*Avena strigosa*), полынь песчаная (*Artemisia arenaria*), ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus*), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium*) и др. На территории Арчединско-Донских песков встречается лесная растительность естественного и искусственного происхождения. Основными породами являются береза (*Betula*), ольха (*Alnus*), дуб (*Quercus*), тополь (*Populus*) и ива (*Salix*). На площади свыше 9 тыс. га в культуру введена сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Близость грунтовых вод, которая обеспечивает дополнительное водопотребление древостоев, обуславливает большое количество лесных участков. Этим же объясняется колковое размещение лесных участков. Достаточно широкое распространение имеет реликтовый хвойный кустарник – можжевельник казацкий, занесенный в Красную книгу растений Волгоградской области и РФ (*Juniperus sabina*) [5].

Результаты и обсуждение. Арчединско-Донской песчаный массив расположен в пределах двух почвенных зон: черноземной с черноземами текстурно-карбонатными (AU-CAT-Cca) и каштановой с собственно каштановыми почвами (AJ-ВМК-ВМ-CAT-Cca). Эти типы почв имеют небольшое распространение и приурочены в основном к высоким террасам, постепенно переходящим к водоразделу. Они, как правило, имеют облегченный гранулометрический состав.

Почвы Арчединско-Донского массива сформированы на древнеаллювиальных террасовых образованиях и озерно-дельтовой равнине при впадении р. Медведицы в Дон. Источником песчаного материала служили неогеновые пески, на 95-98 % состоящие из зерен кварца и промытые от карбонатов и солей. На открытых песках в котловинах выдувания фиксируемое количество водорастворимых солей составляет 0,001 %. На темногомусовых почвах засоление увеличивается до 0,03-0,05 %. Некоторое, незначительное накопление солей фиксируется в понижениях на аллювиальных темногомусовых почвах. Связано оно со сгущением почвенного раствора под действием растительности. Песчаный субстрат обусловил низкие показатели водно-физических констант (таблица 1).

Наименьшая (полевая) влагоемкость песчаных почв колеблется в пределах 5-6 %, влажность завядания – 1-1,5 %, запас доступной влаги в метровом слое песчаных почв – 40-60 мм. Плотность сложения песчаных почв в среднем 1,5 г/см³. В темногомусовых почвах на третьей надпойменной террасе этот показатель снижается до 1,3 г/см³, однако наименьшая влагоемкость увеличивается до 12-16 %, а количество доступной влаги до 80-110 мм. Это обуславливает их более высокое плодородие. В гранулометрическом составе песков преобладает фракция мелкого песка (0,1-0,25 мм), физической глины – 3-5 %. Низкие величины физической глины определяют высокую чувствительность песчаных почв к дефляции [6].

Таблица 1 – Почвенно-гидрологические константы Арчединско-Донских песков

Table 1 – Soil and hydrological constants of the Archeda and Don interfluvial sand massif

Почвы / Soils	Плотность сложения / г/см ³ Bulk density, g/cm ³	Максимальная гигроскопич- ность, % / Maximum hygroscopicity, %	Влажность завядания, % / Humidity of wilting, %	Наимень- шая влаго- емкость, % / The smallest moisture capacity, %	Доступная влага, мм/м / Available moisture, mm/m
Открытые незаросшие пески / Open overgrown sands	1,5	0,3	0,6	4,8	63
Светлогумусовые маломощ- ные / Light-humus low-power	1,5	0,5	0,9	5,1	64
Светлогумусовые среднemos- тные и мощные / Light-humus medium powerful and powerful	1,5	0,7	1,0	5,4	66
Темногумусовые / Dark-humus	1,4	1,8	2,4	10,2	109
Аллювиальные темногумусо- вые / Dark-humus alluvial	1,4	1,0	1,6	8,0	90

На Арчединско-Донском песчаном массиве нами выделяются несколько основ-
ных типов песков, на которых распространены преимущественно определенные типы
почв (рисунок 1, таблица 2).

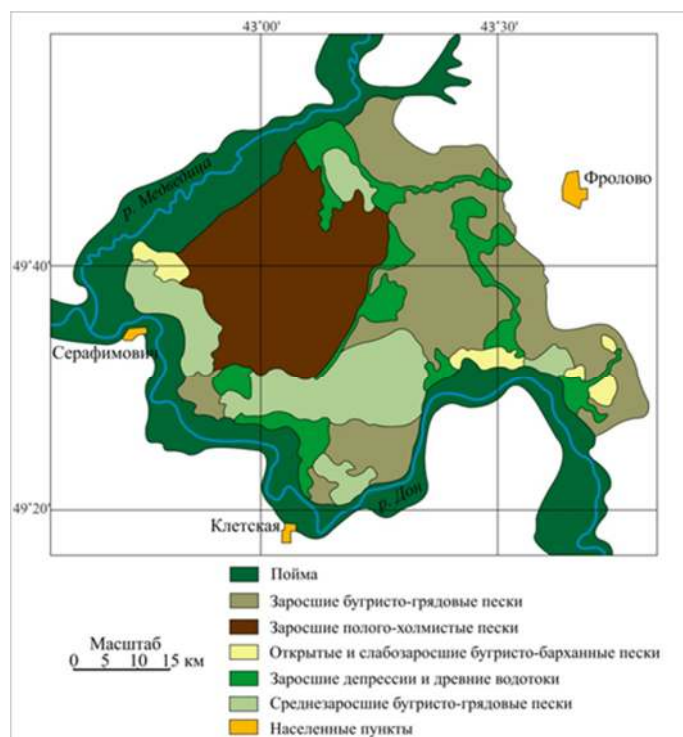


Рисунок 1 – Основные типы песков Арчединско-Донского песчаного массива

Figure 1 – The main types of sand Archeda and Don interfluvial sand massif

Доминантными типами являются среднезаросшие и заросшие бугристо-
грядовые пески, занимающие 68,6 % площади песчаного массива. Здесь в основном
распространены светло-гумусовые почвы, сформированные на древнеперевеянных пес-
ках. Данный тип почв диагностируется по наличию светло-гумусового горизонта АJ

серых или буроватых тонов с непрочной комковатой структурой. Широкое распространение также имеют эолово-аккумулятивные подтипы светло-гумусовых почв, имеющие в верхней части профиля нанос песка RJael. Почвенный разрез, иллюстрирующий данный пример, был заложен в километре на северо-запад от села Ветютнев (рисунок 2). Его профиль имеет следующий вид: RJael (0-38)-AJ (38-65)-C (65-100). В международной системе почвенной классификации данный тип почв можно отнести к реферативно-почвенной группе (РПГ) Arenosols.

Таблица 2 – Типы песчаных земель и почвы Арчединско-Донского массива

Table 2 – Types of sandy lands and soils of the Archeda and Don interfluvial sand massif

Тип песчаных земель / Sandy land types	Почвы / Soils	Площадь, га / Square, ha	Площадь, % / Square, %
Открытые и слабозаросшие бугристо-барханные пески / Open and weakly overgrown tuberous sand dunes	Инициальные, псаммоземы гумусовые / Initial, humus psammozems	15409	7,0
Среднезаросшие бугристо-грядовые пески / Medium-growth tuberous ridge sands	Светло-гумусовые маломощные и среднемощные / Light-humus low-power and medium powerful	37911	17,1
Заросшие бугристо-грядовые пески / Overgrown tuberous ridge sands	Светло-гумусовые мощные / Light-humus powerful	114509	51,5
Заросшие полого-холмистые пески / Overgrown hollow hilly sands	Темно-гумусовые мощные и среднемощные / Dark-humus powerful and medium powerful	21081	9,4
Заросшие депрессии и древние водотоки / Overgrown depressions and ancient water-courses	Аллювиальные темно-гумусовые, стратоземы темно-гумусовые / Dark-humus alluvial, Dark-humus stratozems	33210	15,0
Всего / Total		222120	100

Открытые и слабозаросшие бугристо-барханные пески, лишенные почвенного покрова в комплексе с инициальными и примитивными песчаными почвами занимают 15,4 тыс. га и представляют собой комплекс с преобладанием слабозаросших песков. Наибольшее распространение здесь имеют маломощные светло-гумусовые почвы и псаммоземы гумусовые W (0-2)-C (2-70), имеющий слабо развитый гумусовый горизонт, залегающий непосредственно на песчаной почвообразующей породе. В системе WRB этот тип почв определяется как Arenosols (Humic).

Заросшие пологохолмистые местами бугристые пески с темно-гумусовыми песчаными и супесчаными почвами AU (1-32)-AU/C (32-41)-C (41-90) повсеместно расположены на третьей террасе по правому высокому берегу р. Арчеды и по восточной границе массива близ автотрассы Москва-Волгоград. Формирование этого типа, вероятно, произошло в период, когда ветрами с низких террас был надут песок. Будучи перемешанным с местным глинистым субстратом, он дал основу формирования темно-гумусовых легких почв. Гумусовый горизонт достигает 60-70 см. В суббореальный период (4-3,5 тыс. лет назад) многие участки этого типа песков были разбиты скотом кочевников. Пески также разбивались во вторичную фазу дефляции в конце XIX-начале XX веков. Это обусловило появление здесь погребенных многоярусных почв (Гаель А. Г. 1999 г.). В международной системе почвенной классификации выделенные нами темно-гумусовые почвы относятся к Mollic Phaeozems.

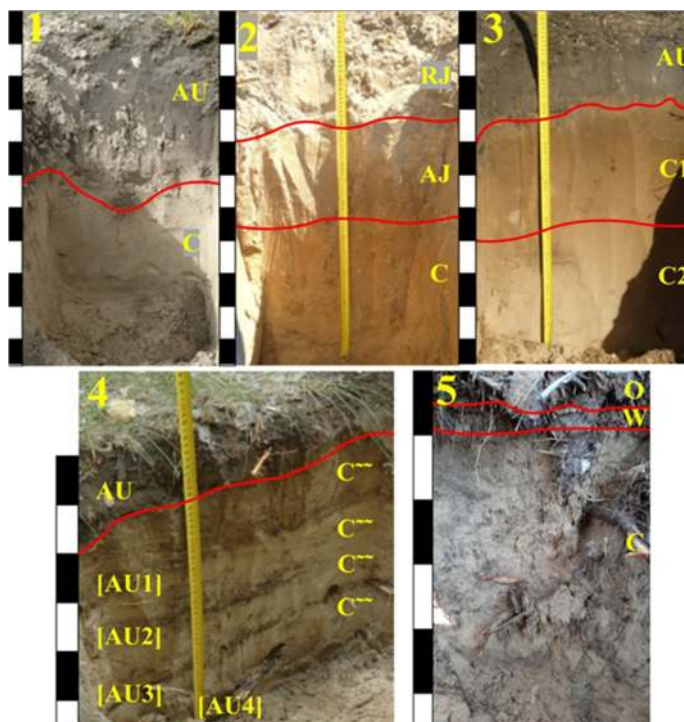


Рисунок 2 – Почвенные разрезы исследуемой территории

- 1 – Темно-гумусовая типичная; 2 – Светло-гумусовая эолово-аккумулятивная;
3 – Темно-гумусовая типичная; 4 – Аллювиальная темно-гумусовая глееватая,
5 – Псаммозем гумусовый типичный

Figure 2 – Soil profile of the study area

- 1 – Dark-humus typical; 2 – Light-humus aeolian-accumulative; 3 – Dark-humus typical;
4 – Dark-humus alluvial gley, 5 – Humus psammozems typical

Заросшие депрессии, древние водотоки с гидроморфными аллювиальными темно-гумусовыми почвами AU_{rz} (0-12)-Chi (12-150) (Fluvisols) в комплексе со стратоземами темно-гумусовыми RU₁ (0-24)-RU₂ (24-46)-RU₃ (46-79)-C (79-112) (Arenosols (Humic)) и светло-гумусовыми почвами занимают площадь 33 210 га. Рассматриваемый ландшафтный комплекс выражен на территории массива отдельными участками по замкнутым понижениям округлой или вытянутой между грядами формой. Площадь их варьирует от нескольких сот квадратных метров до нескольких сот гектаров. В последнем случае они представлены в комплексе со светло-гумусовыми почвами. По тальвегам балок, не имеющих постоянного водотока, распространены стратоземы темно-гумусовые. Понижения характеризуются близкими грунтовыми водами, что обуславливает появление здесь древесной растительности и густых травостоев тростника, осок и других гигрофитов. К этому типу относятся русла древних водотоков, являющиеся продолжением приводораздельных балок (Паницкая, Голенская и др.). Некоторые из них прослеживаются через весь песчаный массив.

Основной формой природопользования на Арчединско-Донских песках является пастбищное хозяйство. Несмотря на то, что поголовье крупного и мелкого рогатого скота за последние 80 лет значительно сократилось, необходимо грамотно подходить к вопросам организации пастбищеоборотов, поскольку песчаные почвы очень легко поддаются разрушению и дефляции. Особенно остро эта проблема проявляется в окрестностях населенных пунктов, где часто наблюдаются участки, лишенные растительного покрова в результате выпаса скота.

Изменение почвенного покрова в пределах поселений сильно зависит от типа населенного пункта, характера землепользования и продолжительности антропогенного воздействия. Наибольшая преобразованность характерна для центральных районов, а наименьшая – для периферии. Здесь достаточно широко распространены урбистратифицированные подтипы почв, в пределах которых расположено поселение, а также собственно урбостратоземы [0].

На территории Арчединско-Донского песчаного массива пахотные земли распространены ограничено и представлены в основном агрочерноземами (PU-AU-CAT-Cca) и агроземами текстурно-карбонатными (P-CAT-Cca) (Calcic Chernozem (Aric)) и Calcic Kashtanozem (Aric)). Наибольший участок, частично располагающийся на территории массива, находится в окрестностях Клетско-Почтовского сельского поселения, где на площади свыше 10 тыс. га выращиваются бахчевые. К числу освоенных также можно отнести некоторые земли, находящиеся во владении у местного населения.

Выводы. В пределах Арчединско-Донского песчаного массива на непереветных песках древнеаллювиальных равнин, а также на песках, навешанных на высокую террасу около 20 тыс. лет назад, сформировались мощные темно-гумусовые почвы. На песках, переветных около 10 тыс. лет назад, преимущественное распространение имеют мощные и среднемощные светло-гумусовые почвы. На более молодых песках – маломощные светло-гумусовые почвы, псаммоземы гумусовые. Таким образом, почвенный покров Арчединско-Донского песчаного массива представлен разновозрастными почвами, сформированными в разные фазы дефляции.

Почвенный покров Арчединско-Донских песков разнообразен. Почвы массива в значительной степени отличаются от зональных типов. Обладая рядом специфических свойств, они могут быть вовлечены в хозяйственный оборот. Однако при этом должны применяться надежные противодефляционные мероприятия. Выбор вида использования песчаных земель во многом основывается на почвенной характеристике территории, поэтому полученные результаты могут быть востребованы для решения задач территориального планирования, при реализации работ по лесоразведению и благоустройству местности.

Песчаные и супесчаные почвы, обладая высокой влагопроводностью, имеют в основном промывной тип водного режима. Сбрасывая в р. Дон аккумулярованные атмосферные осадки, Арчединско-Донские пески обеспечивают его опреснение и увеличение дебита. Это важнейшая экологическая функция песчаных земель.

Библиографический список

1. Анализ почвы: справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа. СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. 800 с.
2. Бородычев В. В., Кулик А. К., Кулик Н. Ф. Неистощительное водопитание и опреснение речных вод донского региона // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №3 (51). С. 26-34.
3. Власенко М. В., Кулик А. К. Современное состояние степной растительности придонских песчаных массивов // Аграрная Россия. 2017. №9. С. 22-29.
4. Климатическое районирование. Национальный атлас России (том 2) // <http://национальныйатлас.рф> интернет-изд. URL: <http://национальныйатлас.рф/cd2/146-150/146-150.html> (дата обращения: 20.11.2019).
5. Красная книга Волгоградской области. Т.2: Растения и другие организмы / под ред. О. Г. Барановой, В. А. Сагалаева. Волгоград-Воронеж: Принт, 2017. 268 с.
6. Кулик А. К., Власенко М. В. Водный режим и баланс влаги Арчединско-Донских песков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. №3(59). С. 81-87.
7. Шейн Е. В. Агрофизика. Владимир, 2016. 124 с.
8. Guidelines for Soil Description and Classification Central and Eastern European Students' Version / M. Switoniak, C. Kabala, A. Karklins. Torun, 2018. 286 p.

9. Parsons A. J., Abrahams A. D. Geomorphology of desert environment. New York: Springer Science, 2014. 824 p.

10. Sandor G., Szabo G. Urban soils on the drift sand areas in Hungary // Soil sequences atlas. 2014. P. 197-208.

11. Unkovich M. J. A review of the potential constraints to crop production on sandy soils in low rainfall south-eastern Australia and priorities for research // A technical report for the Grains Research and Development Corporation. Mallee Sustainable Farming, Mildura NSW, 2014. 96 p.

12. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (update 2015). Rome: FAO, 2015. 203 p.

Conclusions. Powerful dark humus soils formed within the boundaries of the Archeda and Don interfluvial sand massif on the untouched sands of ancient alluvial plains, as well as on sands inspired by a high terrace about 20 thousand years ago. On the sands, recaptured about 10 thousand years ago, powerful and medium-power light humus soils have a predominant distribution. On younger sands - thin light humus soils, hummus psammozems. Thus, the soil cover of the Archeda and Don interfluvial sand massif is represented by soils of different ages formed in different phases of deflation.

The soil cover of the Archeda and Don interfluvial sand massif is diverse. Massive soils are significantly different from zonal types. Having a number of specific properties, they can be involved in economic turnover. However, reliable anti-deflation measures should be applied. The choice of the type of use of sandy land is largely based on the soil characteristics of the territory, so the results can be demanded to solve the problems of territorial planning, when implementing work on afforestation and landscaping.

Sandy and sandy loam soils, having high moisture conductivity, have mainly a leaching type of water regime. Dumping in the river Don accumulated precipitation, Archeda and Don interfluvial sand massif provide its desalination and increase in flow rate. This is the most important ecological function of sandy lands.

Reference

1. Analiz pochvy: spravochnik. Mineralogicheskie, organicheskie i neorganicheskie metody analiza. SPb.: COP "Professiya", 2014. 800 p.

2. Borodychev V. V., Kulik A. K., Kulik N. F. Neistoschitel'noe vodopitanie i opresnenie rechnyh vod donskogo regiona // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №3 (51). P. 26-34.

3. Vlasenko M. V., Kulik A. K. Sovremennoe sostoyanie stepnoj rasti-tel'nosti pridonskih peschanyh massivov // Agrarnaya Rossiya. 2017. №9. P. 22-29.

4. Klimaticheskoe rajonirovanie. Nacional'nyj atlas Rossii (tom 2) // <http://nacional'nyjatlascd2/146-150/146-150.html> (data obrascheniya: 20.11.2019).

5. Krasnaya kniga Volgogradskoj oblasti. T.2: Rasteniya i drugie organizmy / pod red. O. G. Baranovoj, V. A. Sagalaeva. Volgograd-Voronezh: Print, 2017. 268 p.

6. Kulik A. K., Vlasenko M. V. Vodnyj rezhim i balans vlagi Archedinsko-Donskih peskov // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2015. №3(59). P. 81-87.

7. Shein E. V. Agrofizika. Vladimir, 2016. 124 p.

8. Guidelines for Soil Description and Classification Central and Eastern European Students' Version / M. Switoniak, C. Kabala, A. Karklins. Torun, 2018. 286 p.

9. Parsons A. J., Abrahams A. D. Geomorphology of desert environment. New York: Springer Science, 2014. 824 p.

10. Sandor G., Szabo G. Urban soils on the drift sand areas in Hungary // Soil sequences atlas. 2014. Pp. 197-208.

11. Unkovich M. J. A review of the potential constraints to crop production on sandy soils in low rainfall south-eastern Australia and priorities for research // A technical report for the Grains Research and Development Corporation. Mallee Sustainable Farming, Mildura NSW, 2014. 96 p.

12. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (update 2015). Rome: FAO, 2015. 203 p.

Authors Information

Borodychev Viktor Vladimirovich, director of the Volgograd branch of the All-Russian scientific research institute of hydrotechnics and reclamation named after A.M. Kostyukova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of agricultural sciences, professor, ORCID: 0000-0002-0279-8090, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Kulik Aleksey Konstantinovich, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes and Adaptive Nature Management of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, (97000 Candidate of Agricultural Sciences, Volgograd, Universitetsky Ave., Russian Federation) 7336

Balkushkin Roman Nikolayevich, graduate student, junior researcher at the laboratory of hydrology of agroforestry landscapes and adaptive nature management of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, (97, Universitetsky pr., Volgograd, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-0987-6263

Gordienko Oleg Andreevich, graduate student of the Department of Ecology and Nature Management of Volgograd State University, (Russia, 400062, Volgograd, pr. T Universitetsky, 100). ORCID: 0000-0001-5381-9114

Информация об авторах

Бородычев Виктор Владимирович, директор Волгоградского филиала ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.М. Костюкова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: 0000-0002-0279-8090. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Кулик Алексей Константинович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-5927-7336.

Балкушкин Роман Николаевич, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: 0000-0003-0987-6263.

Гордиенко Олег Андреевич, аспирант кафедры экологии и природопользования Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100). ORCID: 0000-0001-5381-9114.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-37

NEW APPROACHES TO IRRIGATION TECHNOLOGY FOR GARDEN CROPS AND VINEYARDS

N. N. Dubenok¹, A. V. Mayer²

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education*

«Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev»

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

Received 27.07.2020

Submitted 15.09.2020

Summary

To maintain the hydrothermal regime in the cultivation of horticultural crops and vineyards, we have proposed a method of combined irrigation: subsoil irrigation with perforated corrugated humidifiers in combination with fine-dispersed sprinkling. The appointment of irrigation rates and terms of vegetative irrigation is carried out by means of calculated coefficients, with the determination of soil temperature and moisture, air temperature and humidity, wind speed according to optimal and actual indicators.

Abstract

Introduction. Analyzing the early studies by Russian scientists in the southern regions of our country, where favorable weather conditions often alternate with droughts and dry winds, it is necessary to constantly create new improved irrigation technologies, based on the principle of developing new methods and methods of irrigation, in combination with fine-dispersed sprinkling. **Object.** The object is technology of subsoil irrigation of vineyards and fruit and berry crops by means of subsoil humidifiers in combination with their humidification by fine sprinkling. The introduction of subsoil irrigation into irrigation technology in combination with fine sprinkling will allow controlling the physiological process of agrophytocenoses, and, depending on weather conditions, maintain the microclimate of the

garden by regulating the hydrothermal regime during the cultivation of vineyards, fruit and berry crops. **Materials and methods.** We propose fundamentally new humidifiers for the implementation of trickle subsurface irrigation, which are based on corrugated irrigation pipelines. Constructive studies on the assembly and operation of the subsurface irrigation system intended for the cultivation of vineyards, berries and fruit crops grown on a trellis basis are presented. The physiological needs of the plant are based on the principle of the hydrothermal regime of the microclimate and soil. In the formulas when determining the future crop, the values of soil temperature indicators with a mandatory positive coefficient, and air temperature data with a negative coefficient should be inserted. **Results and conclusions.** The results of the development, application and operation of the module for local subsurface irrigation of fruit crops and vineyards are presented. Structural elements, irrigation systems are shown, structures are developed, and technological schemes for the placement of corrugated humidifiers in the subsurface irrigation system. The developments can be used as scientific information during the construction and commissioning of irrigation systems. In the complex of new developments of irrigation systems, an important role is played by a new approach to the creation of fundamentally new structures and technical means, and the irrigation technology itself.

Key words: irrigation system, subsoil irrigation, subsoil humidifiers, water jet supply, irrigation optimization calculations, garden plantings, heat generator.

Citation. Dubenok N. N., Mayer A. V. New approaches to irrigation technology for garden crops and vineyards. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 343-355 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-37.

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

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

УДК 671.674:634

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ САДОВЫХ КУЛЬТУР И ВИНОГРАДНИКОВ

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 27.07.2020

Дата принятия к печати 15.09.2020

Актуальность. Анализ ранее проведенных исследований российскими учеными в южных регионах нашей страны, где часто чередуются благоприятные погодные условия с засухами и суховьями, вызвал необходимость постоянного создания новых усовершенствованных технологий орошения, по принципу разработок новых способов и методов орошения, в их комбинации с мелкодисперсным дождеванием. **Объект исследования** – технология внутрисочвенного орошения виноградников и плодово-ягодных культур посредством внутрисочвенных увлажнителей в сочетании с их увлажнением мелкодисперсным дождеванием. Введение в технологию орошения внутрисочвенного полива в сочетании с мелкодисперсным дождеванием позволит контролировать физиологический процесс агрофитоценозов и в зависимости от погодных условий поддерживать микроклимат сада посредством регулирования гидротермического режима при возделывании виноградников, плодовых и ягодных культур. **Материалы и методы.** Нами предлагаются принципиально новые увлажнители для осуществления струйчатого внутрисочвенного орошения, в основе которого заложены гофрированные поливные трубопроводы. Приведены конструктивные исследования по сборке и эксплуатации системы внутрисочвенного орошения, предназначенной для выращивания виноградников, ягодников и плодовых культур, выращиваемых на шпалерной основе. В основе физиологических потребностей растения заложен принцип гидротермического режима микроклимата и почвы. В формулы при опреде-

лении будущего урожая следует вставлять значения температурных показателей почвы с обязательным положительным коэффициентом, а температурные данные воздуха – с отрицательным коэффициентом. **Результаты и выводы.** Приведены результаты по разработке, применению и эксплуатации модуля внутрипочвенного локального орошения плодовых культур и виноградов. Показаны конструктивные элементы, системы орошения, разработаны конструкции и технологические схемы размещения гофрированных увлажнителей в системе внутрипочвенного орошения. Разработки могут быть использованы в качестве научной информации при строительстве и вводе в эксплуатацию оросительных систем. В комплексе новых разработок оросительных систем важную роль занимает новый подход к созданию принципиально новых конструкций и технических средств и сама технология орошения.

Ключевые слова: системы орошения, внутрипочвенный полив, внутрипочвенные увлажнители, струйчатая подача воды, расчеты оптимизации поливов, садовые насаждения, теплогенераторы, орошение садовых культур, технологии орошения виноградов.

Цитирование. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Теоретическое обоснование разработки универсальной системы орошения. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 343-355. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-37.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Расширение объемов орошаемого земледелия в Российской Федерации не состоятельно без усовершенствования и конструктивно новых разработок поливной техники и использования новых технологий орошения, в основе которых должны быть заложены экономические и ресурсосберегающие показатели высокой их продуктивности. На агропромышленных предприятиях страны в настоящее время мало уделяется должного внимания к строительству оросительной техники, используя до настоящего времени зарубежную поливную технику. Характерный упор придается выбору эффективных и экологически безопасных систем орошения. В значительной степени таким требованиям отвечают внедряемые в сельскохозяйственное производство ресурсосберегающие способы орошения: внутрипочвенное с новыми разработанными увлажнителями, капельное и аэрозольное орошение, с возможным их сочетанием с мелкодисперсным дождеванием [1, 3]. Ведется строительство, направленное на эксплуатацию дождевальной стационарной и передвижной техники с малой интенсивностью дождя, а введение в систему орошения способа мелкодисперсного дождевания позволит частично регулировать гидротермический режим не только сада, но и регулировать микроклимат овощных культур, что особенно необходимо при стрессовых климатических условиях.

Исследования, проведенные учеными в нашей стране и за рубежом, показали, что разработка и эксплуатация малообъемных оросительных систем связаны с множеством нерешенных вопросов, касающихся стационарной техники орошения и обновления технологических процессов полива [2, 10, 14]. Существующие традиционные способы орошения имеют как преимущества, так и недостатки, которые препятствуют их широкому внедрению. Например, при орошении дождевальными агрегатами такими, как ДДН-70-100, ДДА-100МА, «Кубань» и др., происходит повреждение ветвей и листового аппарата струями оросительной воды. При поливе напуском по полосам или поливальными агрегатами ППА-100-400 вследствие переувлажнения верхнего слоя почвы и под порывами сильного ветра и тяжести урожая, происходят наклон и полегание деревьев [5, 9]. Проведенный анализ создания стационарных оросительных систем показывает, что разработки в этом направлении велись и ведутся до настоящего времени. Большой вклад в развитие оросительной техники внесли ученые и инженеры науч-

ных учреждений еще в прошлом веке. Исследования по совершенствованию поливной техники продолжаются и в наше время [4, 7]. Сотрудниками ВНИИГиМ, РГАУ-МСХА, Волгоградского ГАУ и Дагестанского ГАУ за последние годы на базе классической стационарной системы орошения трубопроводного типа разработано и усовершенствовано несколько вариантов систем орошения с дополнительными функциями. Усовершенствованы способы внутрипочвенного и капельного орошения. В разработку дополнительных функций вошли способы комбинированного орошения с активацией поливной воды. Находит практическое применение объединение способов капельного и аэрозольного орошения, внутрипочвенного и поверхностного орошения в сочетании с вариантами мелкодисперсного дождевания и активацией поливной воды кислородом, углекислым газом. Проведятся поливы омагниченной водой посредством ввода в эксплуатацию системы орошения магнитных аппаратов (МАВ) [5, 6, 8].

Проведенные исследования показали, что внутрипочвенное орошение с разработанными гофрированными увлажнителями с перфорацией в комбинации с мелкодисперсным дождеванием (МДД) является актуальной ресурсосберегающей технологией на сегодняшний день [3, 4]. Предложенная технология внутрипочвенного орошения обладает возможностью ускоренных локальных поливов за счет увлажнительных водовыпусков с расчетным шагом перфорации. Поливные процессы водораспределения системой орошения должны осуществляться оператором автоматически. Стационарные системы локального орошения трубопроводного типа сконструированы по принципу исключения трения между соединительными трубопроводами (транспортирующий, распределительный, поливные). Такой принцип исключает допуск трущихся деталей, тем самым обеспечивая работоспособность в течение длительного времени.

Теоритическое обоснование разработки и создания принципиально новых внутрипочвенных увлажнителей с различной шаговой перфорацией обеспечит внутрипочвенное орошение на ровных и склоновых землях как на тяжёлых, так и на легких почвах. Технология предложенного внутрипочвенного орошения обеспечит частичное управление физиологическими и гидротермическими процессами при возделывании многолетних, плодовых и ягодных культур [7, 8, 13].

В южных регионах России в весенний период, когда наступает цветение плодоносящих культур, возникают стрессовые ситуации в виде ранних заморозков. Для их предотвращения в комбинированной системе орошения разработан конструктивный узел с функцией подачи теплого воздуха посредством гибких трубок во внутрипочвенные увлажнители и гибкие трубки, на концах которых расположены распылительные насадки мелкодисперсного дождевания для предотвращения пагубного влияния отрицательных весенних температур.

Материалы и методы. В основе физиологического развития потребностей растения заложен принцип гидротермического режима. Основными элементами оросительного полива и мелкодисперсного дождевания являются единичная поливная норма и продолжительность срока ее подачи. Поливная норма воды, необходимая для образования контура увлажнения при предложенном внутрипочвенном орошении, находится в единичном пределе диаметра перфорированного водовыпуска гофрированного увлажнителя и составляет 1 (единицу). При внутрипочвенном орошении параметром контура увлажнения является горизонтальная проекция контура максимального увлажнения. В пределах физических свойств почв изменяются ширина и глубина контура увлажнения многолетних садовых насаждений [12, 14]. Сроки подачи поливной нормы зависят от структуры почвы и слоя увлажнения, отсюда и скорость впитывания с учетом отсутствия глубинной фильтрации [11, 15]. Подача воды прекращается после насыщения расчетного слоя вертикальной почвенной колонки, равной ширине полосы увлажнения. Влажность почвы в расчетном слое высчитывали от веса абсолютно сухой почвы:

$$W = 100(Y \text{ В } H);$$

где W – влагозапас в расчетном слое почвы, мм; Y – объемная масса абсолютно сухой почвы, т/м²; B – влагозапас в процентах от массы абсолютно сухой почвы; H – расчетная величина почвы, м; (K) – коэффициент локального увлажнения определяется по формуле:

$$K = (a \cdot b \cdot \pi) / 4ml;$$

где a и b – максимальные значения параметров пятна увлажнения, определенные по эпюре увлажнения, м; m и l – схема посадки кустов м.

Получение стабильного урожая связано с физиологическими особенностями садовой культуры и созданием благоприятных условий для их роста и развития. При этом учитываются гранулометрические свойства почвы и биологические особенности культуры с учетом влияния внешних факторов. Порог поливной влажности на легких супесчаных почвах не должен быть ниже 65-70 %, на тяжёлых почвах – 80-85% НВ. Основными параметрами расчета режима орошения являются поливные и оросительные нормы, суммарное водопотребление, продолжительность межполивного периода по времени, число поливов. Поливная норма определяется в зависимости от заданного порога влажности на метровую глубину на единицу площади участка орошения. Оросительная норма определяется по уравнению водного баланса орошаемого участка. Водопотребление рекомендуется рассчитывать по существующим методикам, апробированным в регионах по климатическим условиям, в частности по биоклиматическому методу с учетом технологии увлажнения почвы при внутрипочвенном локальном орошении. При определении суточных значений суммарного водопотребления необходимо учитывать и сумму осадков за вегетационный период. При больших осадках или при проведении полива испарение в день выпадения осадков и на следующий день равно испаряемости. Естественное увлажнение орошаемого сада осуществляется за счет осадков и притока влаги со стороны грунтовых вод. Грунтовые воды учитываются при их залегании не менее 5...8 метров от почвенного горизонта, поэтому в расчет не принимаются. Количество осадков учитываются по данным дождемеров (Третьякова), размещённых на орошаемом массиве.

В основе гидротермических потребностей растения заложен физиологический принцип теплового режима почвы, причем во все формулы для определения запрограммированного урожая следует вводить температуру почвы с плюсовым коэффициентом, а температуру воздуха – с минусовым коэффициентом. Принимая во внимание такую неоднозначность значений оптимальных температур среды обитания (влажность воздуха и почвы, температура почвы, воздуха и приземного слоя воздуха, скорость ветра) для вегетации органов растений по срокам, общая закономерность взаимосвязи урожая и гидротермического режима прослеживается четко. Эти уравнения для различных сельскохозяйственных культур были получены путем математической обработки многочисленных экспериментальных данных Щелгуновой А. А. и Шебановым В. В. Они имеют вид:

$$S = A_{\text{exp}} \text{ при } -3 \leq \phi t \leq \Phi / \text{opt};$$

$$\phi // \text{opt} \leq \phi t \leq 3;$$

$$S = 1 \text{ при } \phi / \text{opt} \phi t \leq \phi // \text{opt}, \quad (1)$$

где $S = \frac{n1}{n2}$, $n1$ – значение продуктивности; $n2$ – максимальная продуктивность при оптимальных условиях по температурному фактору; Φt – текущее значение температурного фактора, соответствующее: Φ / opt и $\Phi // \text{opt}$ – нижний и верхний пределы оптимального диапазона.

Уравнение вида (1) позволяет рассчитать необходимый интервал температур в зависимости от значений степени оптимальности жизнедеятельности растений.

Исходя из вышеизложенного материала мы пришли к выводу, что для получения оптимально высоких запланированных урожаев многолетних садовых культур необходимо выдерживать оптимальный гидротермический режим в течение вегетационного периода [1, 5, 8].

Дальнейшие наши исследования направлены на использование классической системы орошения для разработок с использованием газовых или электрических теплогенераторов для насыщения трубопроводной оросительной системы теплым воздухом. Такая дополнительная функция, несомненно, окажет положительное влияние на сохранение урожая при возникновении температурных перепадов, особенно в осенне-весенний период времени. Как установлено наблюдениями, в весенний период температура окружающего воздуха колеблется в диапазоне от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+19^{\circ}\text{C}$ днем, и от минус $3-5^{\circ}\text{C}$ ночью. Самые низкие температуры возникают ночью и в утренние часы на восходе солнца, когда происходит усиление скорости ветра до 3-5 м/сек. В этот весенний период времени в Волгоградской области уже к середине марта на плодовых деревьях набухают почки, а в апреле начинается цветение. Для садовода особенно характерно не пропустить в это время ночных и утренних заморозков. Их появление пагубно влияет на будущий урожай плодовых культур вплоть до полного осыпания цветочных завязей даже при незначительных низких отрицательных температурах воздуха от -1°C .

Результаты и обсуждение. Объем водоподачи осуществляется стационарной системой орошения внутрипочвенным способом полива с мелкоструйчатой подачей воды посредством гибких трубок во внутрипочвенные гофрированные увлажнители. Гофрированные перфорированные увлажнители укладываются в один ряд под каждый виноградный или ягодный куст. Поливные нормы выдаются в более короткие временные промежутки за счет увеличенных расходов. Диаметр перфорации водовыпусков находится в пределах 2,0-0,4 мм; количество перфораций до 20-30 шт., длина увлажнителей 4000-7000 мм. Предложенная водоподача позволит исключить из системы внутрипочвенного орошения фильтры тонкой очистки поливной воды, что, несомненно, скажется на экономии денежных средств до 3-5 % и сократит время продолжительности полива в сравнении с капельным орошением до 70 %. КПД предложенного внутрипочвенного орошения с перфорированными гофрированными увлажнителями выше существующих внутрипочвенных капельных или гончарных увлажнителей в 1,5-2 раза. Несомненно, новый подход к технологии внутрипочвенного орошения сократит испарение с открытых водоемов, снизит эвапотранспирацию при выращивании виноградников и садовых культур. Именно локальные способы орошения в сочетании с мелкодисперсным дождеванием соответствуют современным экономическим и экологическим требованиям.

Подача поливной воды при напорном водообеспечении орошаемого участка осуществляется глубинным или центробежным насосом. Для обеспечения безнапорного водоснабжения внутрипочвенного локального орошения водозабор осуществляется за счет перепада зеркала водоема. Водозаборы осуществляются как с открытых водоемов, так и со скважин.

Задача, на решение которой направлены наши исследования, – это создание комфортных условий для выращивания плодовых, ягодных культур и виноградников при критических условиях в период засух и суховея при внутрипочвенном орошении с перфорированными гофрированными увлажнителями в сочетании с мелкодисперсным дождеванием.

Исследования показали, что технический результат достигается в регулировании гидротермического коэффициента в агрофитоценозах за счет орошения внутрипочвенного, корнеобитаемого горизонта и периодического смачивания листовой поверхности культуры.

Фактические исходные данные получены из ежедневных наблюдений. Оптимальные значения получены путем изучения многолетних исследований и установлены для каждой виноградной, садовой и ягодной культуры, затем рассчитаны по формулам величины коэффициентов А; В; С.

В исследования по регулированию гидротермического режима в агрофитоценозах нами были использованы материалы метеонаблюдений метеостанций расположенных на территории опытных участков Волгоградской области. Фактические наблюдения велись инструментально круглосуточно. Оптимальные параметры исходных данных представлены из ранее проведенных исследований по основным садовым культурам (таблица 1).

Таблица 1 – Состав исходных показателей для определения параметров А; В; С

Table 1 – The composition of the initial indicators for determining the parameters of А; В; С

Наименование показателя / Indicator name	Символ/ Symbol	Смородина /Currant	Малина/ razz	Яблоня/ Apple	Виноград / Grapes
Оптимальная влажность почвы в корнеобитаемом слое, % / Optimum soil moisture in the root layer, %	W bno	18	20	21	18
Фактическая влажность почвы в корнеобитаемом слое, % / Actual soil moisture in the root layer, %	W bnф	14,6	15,0	19,6	25,1
Оптимальная температура почвы в слое 0-10 см / Optimum soil temperature in a layer of 0-10 cm	T no	22,0	21,1	23,0	23,0
Фактическая температура почвы в слое 0-10 / Actual soil temperature in the layer 0-10	T фо	28,0	27,5	44,3	58,8
Оптимальная влажность воздуха в приземном слое, % / Optimum air humidity in the surface layer, %	W bbo	71,0	70,0	62,0	64,2
Фактическая влажность воздуха в приземном слое, % / Actual air humidity in the surface layer, %	W bф	27,0	27,2	48,4	43,5
Оптимальная температура воздуха, °C / Optimum air temperature, °C	T bo	18...22	19...22	22...25	20...23
Фактическая температура воздуха, °C / Actual air temperature, °C	T бф	31,5	31,6	38,4	46,8
Оптимальная скорость приземного ветра, м/с / Optimal surface wind speed, m/s	V bo	3-4	2-4	1-3	1-3
Фактическая скорость приземного ветра, м/с / Actual surface wind speed, m/s	V об	8	7	7,4	7,8
Оптимальная температура листьев, °C / Optimum leaf temperature, °C	T ло	18-25	17-25	23-25	22,2
Фактическая температура листьев, °C / Actual leaf temperature, °C	T аф	29,2	29,0	30,3	29,6

По исходным показателям рассчитывают безразмерные величины вышеуказанных коэффициентов А; В; С:

$$A = \frac{Wbno - Wbnф}{Wbno} + \frac{Tno - Tнф}{Tno};$$

$$B = \frac{Wbbo - Wbbф}{Wbbo} + \frac{Tbo - Tbф}{Tbo}; \quad (2)$$

$$C = \frac{V_{bo} - V_{bф}}{V_{bo} - V_{bф}} - \frac{T_{ло} - T_{лф}}{T_{ло}},$$

где оптимальные и фактические обозначения символов указаны в таблице 1.

После получения расчетных коэффициентов мы получили сроки начала поливов, увлажнений МДД и поливные нормы. При величине коэффициента $A \leq 0,9$ выполняют внутрипочвенный полив разовой нормой $150 - 200 \text{ м}^3/\text{га}$ с 22 часов вечера до двух часов ночи до снижения температуры почвы до $18-22^\circ\text{C}$. При значениях коэффициента $B \geq 1,2$ с 11 до 15 часов выполняют увлажнение приземного слоя воздуха распылом частичек воды диаметром до 600 мкм сменными насадками МДД. При величине коэффициента $C \geq 1,5$ выполняют дополнительное увлажнение листьев и стеблей растений каплями воды с диаметром $200 - 800 \text{ мкм}$ в течение 3-4 часов, а при суммарной величине коэффициента $A+B \geq 2,1$ выполняют внутрипочвенный полив и увлажняют приземный слой воздуха до снижения температуры почвы до $22-26^\circ\text{C}$ и увеличивают относительную влажность воздуха до $50-70\%$. При величине $B+C \geq 2,5$ производят увлажнение листьев плодово-ягодных культур и приземного слоя воздуха распылом оросительной воды в течение 0,5 часа с интервалами 1 час, а при $A+C \geq 2,5$ выполняют струйчатый внутрипочвенный полив в течение 2-3 часов и увлажнение листьев плодово-ягодных культур, к тому же при суммарной величине коэффициентов $A+B+C \geq 3,5$ струйчатое внутрипочвенное орошение выполняют в течение 6 часов и увлажнение воздуха листьев растений в течение 30-40 минут с интервалами 2 часа.

Для реализации вышеизложенного способа нами также была разработана стационарная система орошения для осуществления комбинированных поливов, т.е. внутрипочвенное орошение в сочетании с мелкодисперсным дождеванием.

Устройство предложенной системы комбинированного орошения состоит из следующих конструктивных элементов: 1 – насосная станция; 2 – блок фильтров грубой и тонкой очистки; 3 – подводящий трубопровод; 4 – распределительный трубопровод для подсоединения поливного трубопровода для подачи воды во внутрипочвенные увлажнители; 5 – распределительный трубопровод для подсоединения поливных трубопроводов для осуществления МДД; 6 – поливной трубопровод для производства подачи поливной воды во внутрипочвенные увлажнители; 7 – запорная арматура. Для подачи в систему орошения теплого воздуха в конструкцию введен компрессор с теплогенератором 8 (рисунок 1).

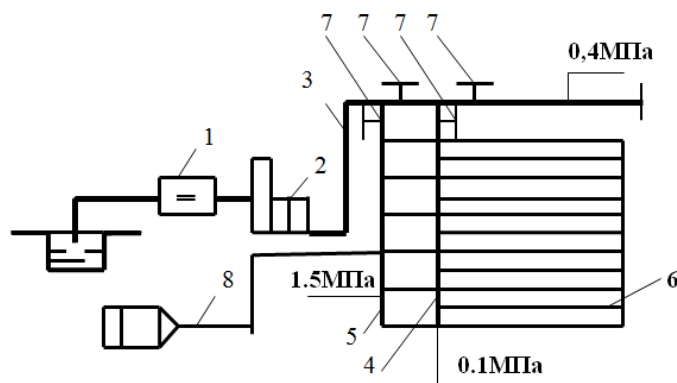


Рисунок 1 – Условная схема системы мелкоструйчатого внутрипочвенного орошения с подачей теплого воздуха в сочетании с МДД

Figure 1 – A schematic diagram of a system of fine-stream subsurface irrigation with the supply of warm air in combination with fine-dispersed sprinkling

Принцип работы системы комбинированного орошения заключается в следующем. Поливная вода из водоисточника подается насосной станцией в блок фильтров и, пройдя водоочистку, подается в распределительные трубопроводы. Для осуществления струйчатого внутрипочвенного полива вода поступает во внутрипочвенные перфорированные увлажнители посредством гибких трубок. Посредством гофрированных увлажнителей осуществляется поддержание поливных порогов почвы. Для осуществления мелкодисперсного дождевания в распределительном трубопроводе, расположенном на верхней шпалере, поднимают давление до 0,15...0,02 МПа, и в работу вступают распылительные насадки (рисунок 1, 2).

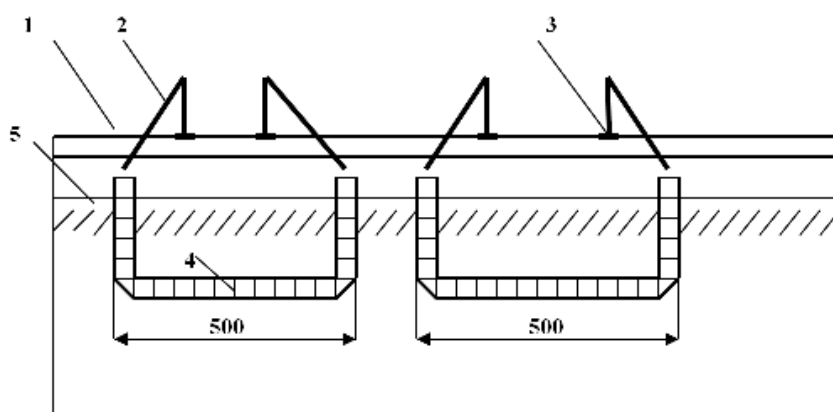


Рисунок 2 – Внутрипочвенное орошение виноградника:

1 – распределительный поливной трубопровод; 2 – гибкая трубка; 3 – водовыпуск; 4 – перфорированный гофрированный увлажнитель; 5 – поверхность почвы

Figure 2 – Subsoil irrigation of the vineyard:

1 – distribution irrigation pipeline; 2 – flexible tube; 3 – water outlet;
4 – perforated corrugated humidifier; 5 – soil surface

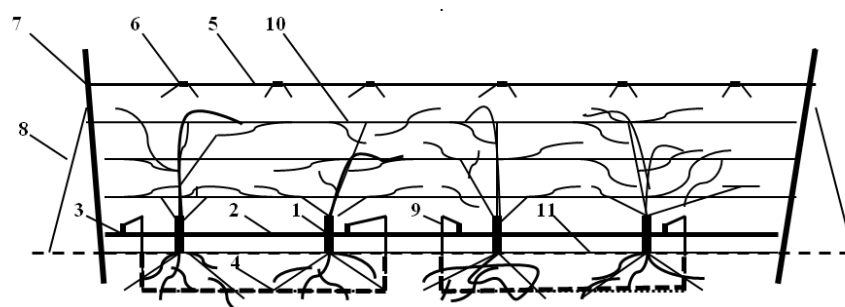


Рисунок 3 – Комбинированное орошение виноградника:

1 – куст; 2 – поливной распределительный трубопровод; 3 – водовыпуск; 4 – перфорированный увлажнитель; 5 – поливной трубопровод МДД; 6 – аэрозольный распылитель; 7 – растяжная опора; 8 – натяжитель; 9 – гибкая трубка; 10 – шпалера; 11 – поверхность почвы

Figure 3 – Combined vineyard irrigation:

1 – bush; 2 – irrigation distribution pipeline; 3 – water outlet; 4 – perforated humidifier;
5 – irrigation pipeline MDD; 6 – aerosol spray; 7 – stretching support; 8 – tensioner;
9 – flexible tube; 10 – trellis; 11 – soil surface

Для предотвращения пагубного воздействия ранних весенних заморозков во время цветения садовых культур нами введен в систему орошения узел подачи теплого воздуха с компрессором и теплогенератором 8 (рисунок 1). Теплый воздух в систему нагнетается при необходимости между увлажнителями.

Выводы. Внедрение разработанной технологии орошения внутрипочвенного орошения с гофрированными увлажнителями с различной шаговой перфорацией 10-400 мм позволит работникам агропромышленного комплекса усовершенствовать способы орошения при выращивании многолетних садовых насаждений, возделываемых на шпалерной основе. Положительный результат достигается за счет упрощенных и неприхотливых внутрипочвенных увлажнителей с перфорированными водовыпусками, с оптимальными параметрами расходных водных характеристик. Предложенная технология комбинированного орошения уменьшит дефицит почвенной влаги посредством внутрипочвенного полива и снизит депрессию фотосинтеза за счет мелкодисперсного дождевания, что положительно отразится на физиологических потребностях регулирования гидротермического режима садовых культур, что, в свою очередь, положительно повлияет на фитоклимат возделываемого садового массива. Также существенно экономятся энергоресурсы (меньше – на потребление электроэнергии), так как электрический насос меньше времени затрачивает на поливную норму за счет более ускоренных вегетативных поливов посредством увеличенных расходов поливной воды внутрипочвенными водовыпусками. Диаметр перфорации произвольно оптимально подбирается в зависимости от почвенной структуры почвы. Усовершенствованные разработки технологий орошения направлены на модернизацию внутрипочвенных увлажнителей, комбинированных способов орошения, таких как капельное, внутрипочвенное и даже малоинтенсивное спринклерное орошение в сочетании или с чередованием мелкодисперсного дождевания. Такие способы орошения садов, а также овощных культур, становятся более приоритетными. Новые разработки технологии орошения дают импульс к созданию новых конструкций стационарных систем орошения – менее энергозатратных, наиболее экономных и экологически безопасных, что очень важно при ведении сельского хозяйства в Российской Федерации.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
2. Бородычев В. В., Щепотько Н. А. Вопросы капельного орошения и фертигации белокочанной капусты в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 167-175.
3. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. С. 159.
4. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
6. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С.43-51.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Соловьев Д. А., Журавлева Л. А. Роботизированный оросительный комплекс "Каскад" // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 74-78.
10. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.

11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Natural Sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.

12. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.

13. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid *Populus tomentosa* plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.

14. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.

15. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management // Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. P. 178-183.

16. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984.

Conclusions. The introduction of the developed technology for irrigation of subsurface irrigation with corrugated humidifiers with different step perforations of 10 ... 400 mm. Will allow the workers of the agro-industrial complex to improve irrigation methods when growing perennial garden plantations cultivated on a trellis base. A positive result is achieved due to simplified and unpretentious subsurface humidifiers with perforated water outlets, with optimal parameters of consumption water characteristics. The proposed combined irrigation technology will reduce the deficit of soil moisture through subsurface irrigation, and reduce the depression of photosynthesis for a set of finely dispersed sprinkling, which will have a positive effect on physiological needs, regulation of the hydrothermal regime of garden crops, which will undoubtedly have a positive effect on the phytoclimate of the cultivated garden massif. Along with significant energy savings, which is less costly in electricity consumption, since the electric pump spends less time on the irrigation rate due to more accelerated vegetative irrigation, through increased consumption of irrigation water by intra-soil outlets. The perforation diameter can be optimally adjusted at any time depending on the soil structure of the soil. Improved development of irrigation technologies aimed at the novelty of modernization of subsurface humidifiers, combined methods of irrigation, such as drip, subsurface and even low-intensity sprinkler irrigation in combination or alternating with fine sprinkler irrigation, such methods of irrigation of gardens, as well as vegetable crops, are becoming more priority. New developments in irrigation technology give an impetus to the creation of new designs of stationary irrigation systems - less energy-intensive, more economical, and environmentally friendly, which is very important in agriculture in the Russian Federation.

Reference

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Tehniko-tehnologicheskie osnovy regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitocenoza v usloviyah orosheniya // Nauchnaya zhizn'. 2019. Vol. 14. № 10 (98). P. 1484-1495.

2. Borodychev V. V., Schepot'ko N. A. Voprosy kapel'nogo orosheniya i fertigacii belokochannoj kapusty v Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 167-175.

3. Vasil'ev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Tehnicheskie sredstva kapel'nogo orosheniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2017. P. 159.

4. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. P. Modeli rosta i razvitiya rastenij i zadacha povysheniya urozhajnosti // Prirodoobustrojstvo. 2016. № 3. P. 90-96.

5. Dubenok N. N., Majer A. V. Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P. 9-19.

6. Dubenok N. N., Majer A. V. Kombinirovannaya gidromeliorativnaya sistema dlya orosheniya sadovykh nasazhdenij // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P.43-51.
7. Kirejcheva L. V., Karpenko N. P. Ocenka jffektivnosti orositel'nykh melioracij v zonal'nom ryadu pochv // Pochvovedenie. 2015. № 5. P. 587.
8. Kurbanov S. A., Majer A. V. Issledovanie sistemy kapel'nogo orosheniya i melkodispersnogo dozhdevaniya // Problemy razvitiya APK regiona. 2012. № 3. P. 5-9.
9. Solov'ev D. A., Zhuravleva L. A. Robotizirovannyj orositel'nyj kompleks "Kaskad" // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 1. P. 74-78.
10. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.
11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assesment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaras sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.
12. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
13. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.
14. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
15. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management // Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. P. 178-183.
16. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984.

Conclusions. The introduction of the developed technology for irrigation of subsurface irrigation with corrugated humidifiers with different step perforations of 10 ... 400 mm. Will allow the workers of the agroindustrial complex to improve irrigation methods when growing perennial garden plantations cultivated on a trellis base. A positive result is achieved due to simplified and unpretentious subsurface humidifiers with perforated water outlets, with optimal parameters of consumption water characteristics. The proposed combined irrigation technology will reduce the deficit of soil moisture through subsurface irrigation, and reduce the depression of photosynthesis for a set of finely dispersed sprinkling, which will have a positive effect on physiological needs, regulation of the hydrothermal regime of garden crops, which will undoubtedly have a positive effect on the phytoclimate of the cultivated garden massif. Along with significant energy savings, which is less costly in electricity consumption, since the electric pump spends less time on the irrigation rate due to more accelerated vegetative irrigation, through increased consumption of irrigation water by intra-soil outlets. The perforation diameter can be optimally adjusted at any time depending on the soil structure of the soil. Improved development of irrigation technologies aimed at the novelty of modernization of subsurface humidifiers, combined methods of irrigation, such as drip, subsurface and even low-intensity sprinkler irrigation in combination or alternating with fine sprinkler irrigation, such methods of irrigation of gardens, as well as vegetable crops, are becoming more priority. New developments in irrigation technology give an impetus to the creation of new designs of stationary irrigation systems - less energy-intensive, more economical, and environmentally friendly, which is very important in agriculture in the Russian Federation.

Authors Information

Dubenok Nikolai Nikolaevich, , academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, head of the Department "Forestry and landscape reclamation" Of the Russian state agricultural University – Moscow Timiryazev agricultural Academy (RF127550 Moscow, 49 Timiryazevskaya street, doctor of agricultural Sciences. ORKID: номер [https // orkid org/](https://orkid.org/) 0000-0002-9059-9023 т. 89857544488 э/пн. dubenok@mail.ru.

Mayer Alexander Vladimirovich, senior researcher at the Federal state budgetary scientific institution of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A. N. Kostyukov, (Russia 127750 Moscow Bolshaya Akademicheskaya str. 44 building 2), candidate of agricultural Sciences, ORKID: номер : <https://orkid.org/1000-0002-0065-8916т.89053378678> э/п vkovniigim@yandex.ru

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов» Российского государственного агроуниверситета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORKID: номер <https://orkid.org/0000-0002-9059-9023> т. 89857544488 э/п. dubenok@mail.ru.

Майер Александр Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костюкова, (РФ, 127750, г. Москва, ул. Большая академическая, 44, корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORKID: номер : <https://orkid.org/1000-0002-0065-8916т.89053378678> э/п vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-38

COMPUTER IMPLEMENTATION OF FUZZY COGNITIVE MODELS FOR PREDICTING FOOD SECURITY TAKING INTO ACCOUNT IMPORT SUBSTITUTION AND AGRICULTURAL PRODUCTION

A. F. Rogachev^{1,2}, E. V. Melikhova¹, E. N. Antamoshkina¹

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Technical University», Volgograd, Russia*

Received 14.06.2020

Submitted 15.08.2020

The article was prepared with the financial support of the RFBR under the project № 19-07-01132

Summary

The article presents the results of computer implementation of fuzzy cognitive models for predicting the integral level of food security. The simulation is implemented using the developed fuzzy cognitive maps using a computer program. The development of cognitive maps Took into account such key factors as production and consumption of agricultural products, environmental conditions and the level of import substitution.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is due to the complexity of computer support for cognitive modeling and forecasting food security, taking into account various factors, including import substitution. On the basis of a systemic cognitive approach, the author considers the methodology and structural optimization of software and hardware for assessing and predicting the level of food security, taking into account such consolidated concepts as the share of imports and agricultural production. **Materials and methods.** The results of a patent study of software and hardware decision support for multivariate cognitive modeling of various socio-economic systems, including the subsystem for analysis and forecasting of food security, according to the classes of the International Patent Classification G 06 F 12/00, 13/40, 13/38, 15 / 40, 17/30; G 06 Q 10/04, 50/00. Basic mathematical relations for impulse modeling of self-development and evolution of the system under study are presented. The functional of the "Strategist" computer system toolkit for the construction and research of cognitive models is presented. **Results and Conclusions.** Based on the results of the analysis of selected domestic and foreign promising technical solutions (patents of Russian Federation No. 59285 U1, 128746 U1, 2305319, 2310230, etc.), the problems to be solved and tendencies for their improvement are identified. Using the mathematical apparatus for analyzing fuzzy cognitive maps, an example of cognitive mathematical modeling of the evolution of the level of food security is considered, taking into account the mutual influence of enlarged groups of conceptual factors of food security - production, stocks, consumption, the share of food imports, ecology and a number of others. It is

shown that conducting a cognitive analysis of the evolutionary patterns of the analyzed socio-economic system allows us to identify trends in their development. The use of the «Strategist» system toolkit for the construction and research of a cognitive model of food security is presented. The ERP for the analysis and forecasting of the level of food security is described, which provides a scenario analysis of the mutual influence of the main concepts, including the level of import substitution. It has been established that the main directions of improving the ERP software and hardware in the field of assessing and predicting the level of food security are increasing the reliability and speed of such systems, as well as optimizing their parameters.

Key words: food security, agricultural production, mathematical modeling, fuzzy cognitive map, software and hardware, forecasting.

Citation: Rogachev A.F., Melikhova E.V., Antamoshkina E.N. Computer implementation of fuzzy cognitive models for predicting food security taking into account import substitution and agricultural production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3 (59). 355-365 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-38.

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

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

УДК 51-74

КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С УЧЕТОМ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. Ф. Рогачев^{1,2}, доктор технических наук

Е. В. Мелихова¹, кандидат технических наук

Е. Н. Антамошкина¹, кандидат экономических наук

¹ Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

² Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 14.06. 2020

Дата принятия к печати 15.08.2020

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ по проекту 19-07-01132

Актуальность исследования обусловлена сложностью компьютерной поддержки когнитивного моделирования и прогнозирования продовольственной безопасности с учетом различных факторов, включая импортозамещение. На основе системного когнитивного подхода рассмотрены методология и структурная оптимизация программно-аппаратных средств для реализации оценки и прогнозирования уровня продовольственной безопасности (ПБ) с учетом таких укрупненных концептов, как доля импорта и производство сельскохозяйственной продукции. **Материалы и методы.** Приведены результаты проведенного патентного исследования программно-аппаратных средств поддержки решений при многофакторном когнитивном моделировании различных социально-экономических систем (СЭС), включая подсистему анализа и прогнозирования ПБ, по классам МПК G 06 F 12/00, 13/40, 13/38, 15/40, 17/30; G 06 Q 10/04, 50/00. Приведены базовые математические соотношения для импульсного моделирования саморазвития и эволюции исследуемой системы. Представлен функционал инструментария компьютерной системы «Strategist» для построения и исследования когнитивных моделей. **Результаты и выводы.** На основе результатов анализа отобранных отечественных и зарубежных перспективных технических решений (патенты РФ №59285 U1, 128746 U1, 2305319, 2310230 и др.) выявлены решаемые проблемы и тенденции их совершенствования. С использованием математического аппарата анализа нечетких когнитивных карт (НКК) рассмотрен пример когнитивного математического моделирования эволюции уровня ПБ, учитывающий взаимное влияние укрупненных групп концептов-факторов ПБ: производство, запасы, потребление, доля продовольственного импорта, экология и ряд других. Показано, что проведение когнитивного анали-

за закономерности эволюции анализируемой СЭС позволяет выявить тенденции их развития. Приведено использование инструментария системы «Strategist» для построения и исследования когнитивной модели ПБ. Описана ППР для анализа и прогнозирования уровня ПБ, обеспечивающая проведение сценарного анализа взаимного влияния основных концептов, включая уровень импортозамещения. Установлено, что основными направлениями совершенствования программно-аппаратных средств ППР в сфере оценки и прогнозирования уровня ПБ являются повышение надежности и быстродействия таких систем, а также оптимизация их параметров.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, прогнозирование сельскохозяйственного производства, когнитивные математические модели, нечеткая когнитивная карта, программно-аппаратные средства.

Цитирование: Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Антамошкина Е. Н. Оценка и прогнозирование сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности на основе нечетких когнитивных математических моделей. *Известия НВ АУК*, 2020. 3 (59). 355-365. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-38.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности (ПБ) / Food Security (FS) России характеризуют четыре основные сферы: производство, потребление, импорт и управление запасами, каждая из которых характеризуется множеством частных показателей [6]. В сфере национальной безопасности Российской Федерации обеспечение ПБ является одной из ключевых задач. Без надежного обеспечения сельскохозяйственной продовольственной продукцией, а также системного учета складывающейся доли импорта продовольствия, уровня развития экономики, экологических и других факторов невозможно обеспечить продовольственную независимость и безопасность [1, 2].

Проблемы построения систем поддержки решений (СПР) в сфере обеспечения ПБ на основе математического моделирования, в том числе с использованием когнитивных подходов, обусловлены необходимостью гибкого учета ряда групп факторов и их взаимовлияний при проведении сценарного анализа в процессе прогнозирования эволюции состояния моделируемых систем [6]. Несмотря на известность ряда программно-аппаратных технических средств СПР на основе когнитивного моделирования [4, 5, 8, 12], остаются не полностью решенными задачи обеспечения эргономичности их интерфейсов, надежности и быстродействия при проведении прогнозных вычислений в процессе сценарного анализа. Это обуславливает актуальность настоящего исследования с целью дальнейшего совершенствования подобных систем.

Материалы и методы. Системный анализ множества реализаций технических исполнений компьютерных средств поддержки решений на основе когнитивных технологий и структурно-параметрический синтез осуществлялись с учетом известных подходов, включая защищенных патентами и свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ. Патентный поиск с целью отбора технических решений в исследуемой предметной области осуществлялся по классам МПК G 06 F 12/00, 13/40, 13/38, 15/40, 17/30; G 06 Q 10/04, 50/00.

Нечеткие когнитивные карты представляются ориентированными взвешенными графовыми структурами, вершины которых отображают базовые концепты (факторы), а дуги характеризуют связи между ними, при этом «веса» ребер являются вещественными числами, характеризующими степень взаимного влияния концептов, соответствующую лингвистической шкале значимости [7, 10, 11, 13].

Импульсное моделирование эволюции саморазвития исследуемой системы осуществлялось в соответствии с (1):

$$x(t) = (I + A + A^2 + \dots + A^t)x(0), \quad (1)$$

где $x(t)$ – вектор значений концептов размерности n , I – единичная матрица размерности $n \times n$; $x(0)$ – вектор начальных значений концептов размерности n , $A = \|a_{ij}\|$ – безразмерная нормализованная матрица смежности размерности $n \times n$, t – индекс временного моделирующего импульса.

Численные значения элементов матрицы смежности (размерности $n \times n$) определялись экспертным путем с учетом мнений компетентных в данной области экспертов в системе «Strategist».

Результаты и обсуждение. Некоторые известные технические решения задачи поддержки принятия решений при управлении сложными СЭС [4, 5], отобранные по отечественным и зарубежным источникам, представлены в таблице.

Рассмотрим подробнее основные проблемы поддержки принятия решений (ППР) в исследуемой предметной области и известные подходы к их решению.

Примером успешной реализации когнитивной технологии ППР является система «Игла» [4], содержащая сервер системы, соединенной с базой знаний и системой управления базой знаний, подсистему визуализации, подключенную к системе управления знаниями и к подсистеме согласования, подсистему статического моделирования, с подсистемами визуализации и динамического моделирования, при этом система динамического моделирования подключена к подсистеме управления базой знаний (1).

Таблица – Технические решения систем поддержки решений в сфере управления СЭС

Table – Technical solutions for decision support systems in the field of SES management

Охранный документ / Security document	Наименование / Name	МПК / IPC	Код страны / country code, год / year
№59285	Система мониторинга кризисных ситуаций в социальной сфере / System for monitoring crisis situations in the social sphere	G 06 F 12/00	RU, 2006
№4-38021	Система... / System...	11/30, 13/14	JP, 1992
№0505651	Система ППР / Decision support system	G 06 F 13/40, 13/38	USA, 1992
№05129083	Система ППР / Decision support system	G 06 F 12/00, 15/40	USA, 1992
2305319	Система принятия решений в кризисных ситуациях социальной сферы региона / Decision-making system in crisis situations in the social sphere of the region	G 06 Q 50/00, G 06 F 17/30	RU, 2007
2310230	Система мониторинга кризисных ситуаций в социальной сфере / System for monitoring crisis situations in the social sphere	G 06 Q 50/00, G 06 F 17/30	RU, 2007
128746 U1	Система поддержки принятия решений в неструктурированных ситуациях / Decision support system in unstructured situations	G 06 F 17/30, G 06 Q 10/04	RU, 2013
№ 8539 (ОФАП)	Система поддержки принятия решений «ИГЛА» / The system of support of decision-making "IGLA"	-	RU, 2007

Структурная схема системы «Игла» приведена на рисунке 1.

Базу знаний (БЗ) системы ППР «ИГЛА» представляет множество когнитивных моделей в форме НКК, экспертно характеризующее различные предметные области. Физическая реализация базы знаний осуществляется посредством разработки структуры базы данных и ее наполнения.

Важным этапом формирования НКК является согласование относительно формального описания структуры с параметрами моделируемой предметной области. С целью обеспечения эффективного взаимодействия различных экспертов СППР «ИГЛА» построена по архитектуре «клиент – сервер», обеспечивающей их коллективную работу с удаленных терминалов при сохранении централизованного контроля процессов и результатов упомянутого согласования экспертных суждений.



Рисунок 1 – Структурная схема и архитектура системы «ИГЛА»

Figure 1 – Block diagram and architecture of the «IGLA» system» [4]

Также известна «Система мониторинга кризисных ситуаций в социальной сфере» (патент РФ на ПМ №59285), содержащая блоки: прием запросов экспертов 1, прием данных об уровне социальной напряженности 2, прием записей БД 3 сервера, селекция адресов 4, идентификация источников информации 5, подсчет интегральной социально-экономической напряженности 6, селекция циклов опроса источников информации 7 упомянутой напряженности (рисунок 2).

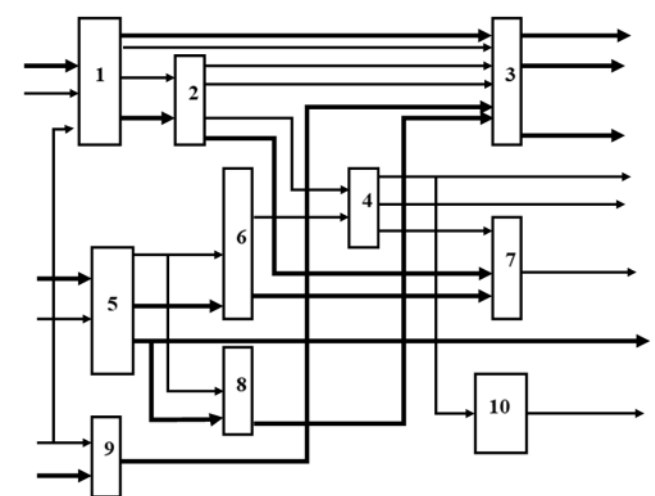


Рисунок 2 – Блок-схема реализации системы ППР

Figure 2 – Block diagram of the decision support system implementation

Небольшим недостатком описанной системы является невысокая ее надежность в процессе принятия решений по прогнозированию социальной напряженности в обществе, определенной ограничениями, обусловленными неструктурированными ситуациями общественной жизни.

Известно модифицированное техническое решение, включающее следующие блоки (рисунок 3): прием записей планов, прием запросов от пользователей, приема записей планов БД сервера, селекция опорных адресов плана и считывания, селекция адреса пользователя, формирования текущего адреса плана, сумматоры (1-й и 2-й), формирование адреса временного периода анализа, формирование адресов БД сервера, управление записью и считыванием, а также блок вывода информации (пат. РФ 2305319).

Негативной стороной модифицированной СППР является недостаточно высокое быстродействие, связанное с тем, что поиск хранимых показателей проводится по всему массиву БД, что увеличивает затраты времени, необходимого для поиска информации и ее анализа.

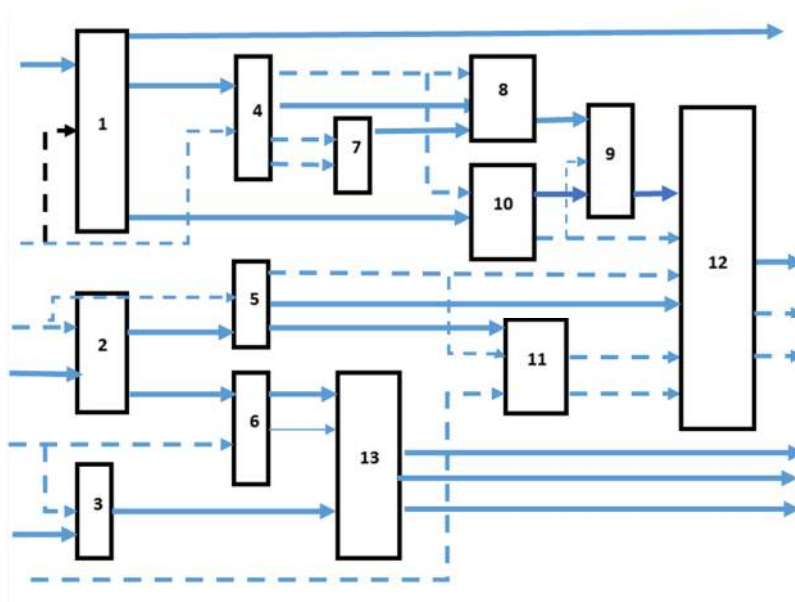


Рисунок 3 – Блок-схема реализации модифицированной системы СППР

Figure 2 – Flowchart for implementing a modified decision support system

Таким образом, несмотря на ряд известных схем программно-аппаратной реализации СППР, существует проблема повышения их надежности и быстродействия.

Известны и другие варианты реализации систем СППР для прогнозирования продовольственной безопасности на основе нечетких когнитивных моделей, учитывающих ряд факторов, включая сельскохозяйственное производство и уровень импортозамещения, в частности, система «Стратегист». Алгоритм применения когнитивной технологии оценки уровня ПБ на основе автоматизированного построения нечеткой когнитивной карты в системе «Стратегист» показан на рисунке 4.

Для численного моделирования были отобраны следующие укрупненные группы, предусматривающие дальнейшую декомпозицию: 1 – экономическая инфраструктура; 2 – запасы продовольственных продуктов; 3 – экология; 4 – импорт; 5 – потребление; 6 – производство; 7 – интегральный уровень продовольственной безопасности. Граф взаимосвязи укрупненных концептов когнитивной модели такой системы представлен на рисунке 4.

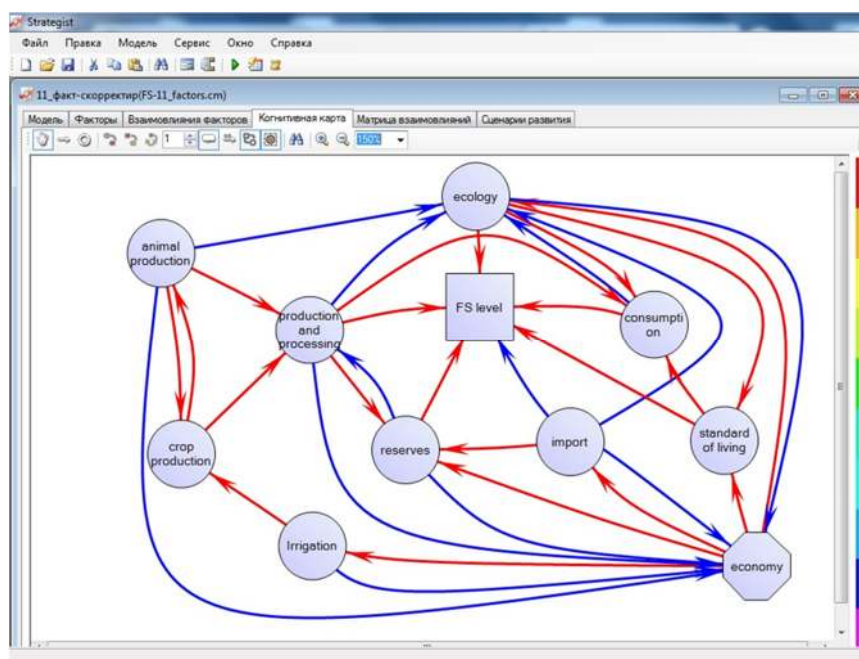


Рисунок 4 – Граф взаимосвязи укрупненных концептов когнитивной модели ПБ

Figure 4 – Graph of the relationship between the enlarged concepts of the FS cognitive model

Согласно представленному графу, сформирована НКК-модель, весовые коэффициенты которой получены экспертно с использованием встроенного инструментария системы «Strategist», реализованного на вкладках «Взаимовлияние факторов» и «Матрица взаимовлияния» (рисунок 5). Значения нормализованных к единице весов характеризуют силу взаимовлияния концептов, оцениваемую экспертно, при этом отсутствие чисел в соответствующих клетках соответствует отсутствию статистически значимого взаимного влияния, что существенно упрощает нечеткую когнитивную модель и, особенно, ее интерпретацию.

Номер	Фактор	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	economy		0,4	0,4	0,21						0,67	0,8
2	reserves	-0,4					-0,4	0,6				
3	ecology	-0,4				0,2		0,2				0,4
4	import	-0,7...	0,6	-0,4				-0,4				
5	consumption			-0,2				0,4				
6	production and processing	-0,2	0,8	-0,4		0,4		0,8				
7	FS level											
8	Crop production						0,8			0,4		
9	Livestock product	-0,4		-0,2			0,6		0,14			
10	Irrigation reclamation	-0,2							0,4			
11	Standard of living					0,2		0,4				

Рисунок 5 – Матрица взаимного влияния укрупненных групп факторов системы обеспечения ПБ

Figure 5 – Matrix of mutual influence of enlarged groups of factors in the food security system

Таким образом, с использованием функционала инструментария системы «Strategist» построена когнитивная модель для ППР анализа и прогнозирования уровня ПБ, обеспечивающая проведение сценарного анализа влияния основных концептов, в частности, уровня импортозамещения.

Модель обеспечивает гибкое дополнение новыми концептами, корректировку коэффициентов их взаимовлияния, проведение анализа показателей системы и ее эволюцию в процессе само- и управляемого развития в рамках сценарного анализа прогнозирования уровня ПБ.

Выводы. Проведенный анализ программно-аппаратных средств поддержки когнитивного моделирования в сфере прогнозирования уровня ПБ выявил ключевые проблемы, требующие решения и исследования:

1. Известные технические решения для реализации математического аппарата когнитивного моделирования обеспечивают возможность компьютерной поддержки выявления тенденций и прогнозирования развития исследуемых систем, а также последствий управленческих решений, с моделированием некоторых результатов, которые сложно прогнозировать экспертными методами при росте количества учитываемых концептов.

2. Получаемые численные результаты прогнозирования тенденций развития моделируемых СЭС являются приближенными, что обусловлено нечеткостью используемого подхода и применяемых оценочных шкал. Прогнозы могут оказаться недостаточно надежными, в частности, при близости значений положительных и отрицательных взаимовлияний в случае малых значений вычисляемых консонансов.

3. Основными направлениями совершенствования программно-аппаратных средств ППР в сфере оценки и прогнозирования уровня ПБ являются повышение надежности и быстродействия таких систем, а также оптимизация их параметров.

Библиографический список

1. Башлыков А. А. Когнитивное управление как новая парадигма для построения интеллектуальных систем человеко-машинного управления сложными и экологически опасными объектами и технологиями // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2013. №2. С. 15-21.
2. Васильев В. И., Вульфин А. М., Кудрявцева Р. Т. Анализ и управление рисками информационной безопасности с использованием технологии когнитивного моделирования // Доклады ТУСУРа. 2017. Т. 20. № 4. С. 61-66. Doi: 10.21293/1818-0442-2017-20-4-61-66.
3. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Руденко А. Ю. Оценка и прогнозирование сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности на основе нечетких когнитивных математических моделей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 246-255. Doi: 10.32786/2071-9485-2019-04-29.
4. СППР "ИГЛА" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/index.html> (19.11.2019).
5. Страница проф. Е.В. Луценко. Сайт Научного журнала КубГАУ. URL: <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=11>.
6. Antamoshkina E. N., Rogachev A. F. Methodical approach to food security assessment and forecasting // Advances in economics, business and management research: proceedings of the Volgograd State University International Scientific Conference "Competitive, Sustainable and Safe Development of the Regional Economy" (CSSDRE 2019), 2019. P. 184-187.
7. Chrysafiadi K., Virvou M. A Knowledge Representation Approach Using Fuzzy Cognitive Maps for Better Navigation Support in an Adaptive Learning System // SpringerPlus. 2013. Issue 2:81. P. 1-13.

8. Gavriluk E. A., Mantserov S. A. Fuzzy reliability model of systems for decision support in technical diagnostics // *Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*, 2018. P. 222-234.
9. Ginis L. A., Gorelova G. V., Kolodenkova A. E. Cognitive and simulation modeling of regional economic system development // *International Journal of Economics and Financial Issues*. 2016. V. 6. № S5. P. 97-103.
10. Isaev R. A., Podvesovskii A. G. Generalized Model of Pulse Process for Dynamic Analysis of Sylov's Fuzzy Cognitive Maps // *CEUR Workshop Proceedings of the Mathematical Modeling Session at the International Conference Information Technology and Nanotechnology (MM-ITNT 2017)*, 2017. Vol. 1904. P. 57-63.
11. Knight CR. J. K., Lloyd D. J. B., Penn A. S. Linear and Sigmoidal Fuzzy Cognitive Maps: An Analysis of Fixed Points. <https://pdfs.semanticscholar.org/> (01.09.2017).
12. Korshunov G. A., Lipatnikov V. A., Shevchenko A. A. Decision support systems for information protection in the management of the information network // *Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*, 2018. P. 418-426.
13. Osoba O. A., Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps of Public Support for Insurgency and Terrorism // *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. 2017. Vol. 14 (1). P. 17-32.
14. Outlier detection and classification in sensor data streams for proactive decision support systems / M. V. Shcherbakov [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. V. 803. № 1. P. 012143.
15. Papageorgiou E. Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering: From Foundations to Extensions and Learning Algorithms // *Springer Science & Business Media*. 2014. V. 54. <http://www.springer.com/us/book/9783642397387>, свободный (01.09.2017).
16. Rogachev A. F., Antamoshkina E. N. Mathematical modeling of the food-security level using a fuzzy cognitive approach // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* – 403, 2019. Doi: 10.1088/1755-1315/403/1/012181.
17. Weikard H. P. Phosphorus recycling and food security in the long run: a conceptual modelling approach // *Food Security*. 2016. V. 8. Iss. 2. P. 405-414.

Conclusions. The analysis of software and hardware for supporting cognitive modeling in the field of predicting the level of PB revealed key problems that need to be solved and investigated.

1. Well-known technical solutions for implementing the mathematical apparatus of cognitive modeling provide the possibility of computer support for identifying trends and predicting the development of the systems under study, as well as the consequences of management decisions, with modeling of some results that are difficult to predict by expert methods with an increase in the number of concepts taken into account.
2. The numerical results obtained for predicting the development trends of the simulated SES are approximate, which is due to the vagueness of the approach used and the evaluation scales used. Forecasts may not be reliable enough, in particular, if the values of positive and negative interactions are close, in the case of small values of the calculated consonances.
3. The main directions of improving the software and hardware of the PPR in the field of assessing and predicting the level of PB are to increase the reliability and performance of such systems, as well as to optimize their parameters.

Reference

1. Bashlykov A. A. Cognitive management as a new paradigm for building intelligent systems of human-machine control of complex and environmentally dangerous objects and technologies // *Automatization, telemechanization and communication in the oil industry*. 2013, No. 2. P. 15-21.
2. Vasiliev V. I., Vulfin A. M., Kudryavtseva R. T. Analysis and management of information security risks using the technology of cognitive modeling // *Reports of TUSUR*. 217. V. 20. No. 4. Pp. 61-66. Doi: 10.21293/1818-0442-2017-20-4-61-66.

3. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Rudenko A. Yu. Assessment and forecasting of agricultural production and food safety based on fuzzy cognitive mathematical models // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2019. No. 4 (56). Pp. 246-255. Doi: 10.32786/2071-9485-2019-04-29.
4. SPPR "IGLA" [Electronic resource] access Mode: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/index.html> (19.11.2019).
5. The page of Prof. E. V. Lutsenko. The website of the Scientific journal of the Kuban state agrarian University. URL: <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=11>.
6. Antamoshkina E. N., Rogachev A. F. Methodical approach to food security assessment and forecasting // Advances in economics, business and management research: proceedings of the Volgograd State University International Scientific Conference "Competitive, Sustainable and Safe Development of the Regional Economy" (CSSDRE 2019), 2019. P. 184-187.
7. Chrysafiadi K., Virvou M. A Knowledge Representation Approach Using Fuzzy Cognitive Maps for Better Navigation Support in an Adaptive Learning System // SpringerPlus. 2013. Issue 2:81. P. 1-13.
8. Gavriiliuk E. A., Mantserov S. A. Fuzzy reliability model of systems for decision support in technical diagnostics // Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, 2018. P. 222-234.
9. Ginis L. A., Gorelova G. V., Kolodenkova A. E. Cognitive and simulation modeling of regional economic system development // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. V. 6. № S5. P. 97-103.
10. Isaev R. A., Podvesovskii A. G. Generalized Model of Pulse Process for Dynamic Analysis of Sylov's Fuzzy Cognitive Maps // CEUR Workshop Proceedings of the Mathematical Modeling Session at the International Conference Information Technology and Nanotechnology (MM-ITNT 2017), 2017. Vol. 1904. P. 57-63.
11. Knight CR. J. K., Lloyd D. J. B., Penn A. S. Linear and Sigmoidal Fuzzy Cognitive Maps: An Analysis of Fixed Points. <https://pdfs.semanticscholar.org/> (01.09.2017).
12. Korshunov G. A., Lipatnikov V. A., Shevchenko A. A. Decision support systems for information protection in the management of the information network // Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, 2018. P. 418-426.
13. Osoba O. A., Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps of Public Support for Insurgency and Terrorism // Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology. 2017. Vol. 14 (1). P. 17-32.
14. Outlier detection and classification in sensor data streams for proactive decision support systems / M. V. Shcherbakov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2017. V. 803. № 1. P. 012143.
15. Papageorgiou E. Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering: From Foundations to Extensions and Learning Algorithms // Springer Science & Business Media. 2014. V. 54. <http://www.springer.com/us/book/9783642397387>, свободный (01.09.2017).
16. Rogachev A. F., Antamoshkina E. N. Mathematical modeling of the food-security level using a fuzzy cognitive approach // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – 403, 2019. Doi: 10.1088/1755-1315/403/1/012181.
17. Weikard H. P. Phosphorus recycling and food security in the long run: a conceptual modelling approach // Food Security. 2016. V. 8. Iss. 2. P. 405-414.

Authors Information

Rogachev Alexey Fruminovich, head of the Department of Mathematical modeling and Informatics of Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), doctor of technical Sciences, Professor <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Melikhova Elena Valentinovna, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of Mathematical modeling and Informatics of the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), <https://orcid.org/0000-0002-4041-4270>, melv07@mail.ru

Antamoshkina Elena Nikolaevna, associate Professor of the Department of Social and cultural services and tourism, Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskii Ave., 26), candidate of economic Sciences, associate Professor

Информация об авторах

Рогачев Алексей Фруминович, зав. кафедрой "Математическое моделирование и информатика" Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор технических наук, профессор <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Мелихова Елена Валентиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), <https://orcid.org/0000-0002-4041-4270>, melv07@mail.ru

Антамошкина Елена Николаевна, доцент кафедры «Агротуризма и сервисных технологий» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-1306-616X>, antamoshkina@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-39

NEW CORROSION INHIBITORS FOR THE PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY

**I. A. Uspensky¹, I. V. Fadeev², L. Sh. Pestrjaeva³,
Sh. V. Sadatdinov⁴, A. S. Kazarin¹**

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan

²Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary

³Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

⁴Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary

Received 17.03.2020

Submitted 15.08.2020

The research was carried out within the framework of the research plan of the Ryazan state University agrotechnological University named after P. A. Kostychev for 2016-2020 on topic 3 "Improvement of technologies, means of mechanization, electrification and technical services in agricultural production" under section 3.3 "Improving the efficiency of mobile agricultural machinery operation through the development of new designs, methods and tools for maintenance, repair and diagnostics" (subsection 3.3.8 "improving efficiency use of mobile agricultural machinery through improvement its technical operation based on innovative methods

Summary

The article presents the results of research of corrosion resistance of steel 10 in a corrosive environment and the influence of orthoborathexamethylentetramine composition of $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ and orthoborate-3-amino-1-propanol composition of $H_3BO_3 \cdot HO(CH_2)_3NH_2$. Gravimetric, electrochemical studies and corrosion-fatigue tests have shown that the inhibiting ability of lubricant compositions for conservation treatment of external surfaces of agricultural machinery with the addition of orthoborathexamethylentetramine and orthoborate-3-amino-1-propanol increases by 1.5 times. The results of laboratory and production tests correlate with each other and allow us to recommend the developed lubricant containing used engine oil, orthoborathexamethylentetramine (orthoborate-3-amino-1-propanol) and water for use to protect agricultural machinery from corrosion during off-season storage.

Abstract

Introduction. Very often, agricultural machinery loses its performance due to corrosion damage. The fight against corrosion in agriculture, where more than 10% of the total metal stock of the country is concentrated and corrosion losses account for 15% of the total losses, is one of the urgent problems. For anti-corrosion protection of parts that are disassembled during the repair of units and assemblies, they are washed with synthetic detergents with the addition of inhibitory additives. When preparing for storage, the outer surfaces of agricultural machinery are preserved with anti-corrosive lubricants, treated with passivating solutions, and anti-corrosive additives are also used. To increase the service life of metal

equipment by protecting it from corrosion destruction, metal corrosion inhibitors are widely used in modern practice, so research aimed at developing new, more effective compositions of inhibitors with a wide range of characteristics is of great scientific and practical importance and is particularly relevant for the agro-industrial complex. Borate-containing inhibitors are characterized by a high coefficient of corrosion inhibition and a wide range of actions in relation to various types of corrosion. **Object.** The object of research is orthoborathexamethylentetramine composition of $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ and orthoborate-3-amino-1-propanol composition of $H_3BO_3 \cdot HO(CH_2)_3NH_2$ and their effect on the anti-corrosion resistance of steel 10 in a corrosive environment. **Materials and methods.** To determine the possibility of using new bortagaray connections: autobrecciation (orthoborathexamethylentetramine) composition of $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ and orthoborate-3-amino-1-propanol composition of $H_3BO_3 \cdot HO(CH_2)_3NH_2$ (orthoborate-3-amino-1-propanol) as corrosion inhibitors for ferrous metals in neutral environments and investigated their influence on the corrosion resistance of steel 10 in a 3% solution of sodium chloride. The research was carried out by well-known gravimetric, electrochemical methods and corrosion-fatigue tests. Electrochemical studies were performed using P-5848 potentiostat, and the 0.5% concentration of orthoborathexamethylentetramine and orthoborate-3-amino-1-propanol was selected as the most effective. Corrosion-fatigue tests were performed on the original installation, which allows creating cyclic stresses in the steel sample by symmetrically bending them with a frequency of 500 cycles/min. the cyclic strength of steel was determined using the values of the cyclic strength reserve coefficient based on $N = 2 \cdot 10^6$ cycles. The anticorrosive properties of orthoborathexamethylentetramine and orthoborate-3-amino-1-propanol were also determined in production conditions, for which we recorded the duration of time from the moment of application of the studied compositions of lubricants to the appearance of the first foci of corrosion on the surface of the treated elements of agricultural machinery. **Results and conclusions.** In a corrosive environment, which was used as a solution of sodium chloride, steel 10 is susceptible to corrosion. With the introduction of orthoborathexamethylentetramine (orthoborate-3-amino-1-propanol) in NaCl solution the corrosion rate of steels is markedly reduced. Increasing the concentration of orthoborathexamethylentetramine and orthoborate-3-amino-1-propanol in 3% solution of sodium chloride NaCl naturally reduces the corrosion rate of steel and the greatest decrease in corrosion rate is observed at a concentration of 0.5%, and the degree of protection reaches values 97.22 and 96.80%. Further increase in the concentration of borate-containing additives practically does not reduce the rate of steel corrosion, that is, it does not enhance the anti-corrosive properties of the solution. The results of electrochemical studies and corrosion-fatigue tests correlate with the data obtained by the gravimetric method. Production tests of the protective ability of various compositions of lubricants with and without additives orthoborathexamethylentetramine and orthoborate-3-amino-1-propanol from corrosion of agricultural machinery were carried out in Agricultural production plant - collective farm named after Lenin of Cheboksary district of the Chuvash Republic. It was found that orthoborathexamethylentetramine and orthoborate-3-amino-1-propanol are effective corrosion inhibitors in neutral environments, since their presence in the 5 g/l concentration in the anti-corrosion lubricant increases the anti-corrosion resistance of the treated surface of agricultural machinery elements by 1.5 times. The results of laboratory and production tests allow us to recommend the developed lubricant containing used engine oil, orthoborathexamethylentetramine (orthoborate-3-amino-1-propanol) and water for use to protect agricultural machinery from corrosion during off-season storage.

Key words: corrosion, corrosion protection, agricultural machinery, orthoborate hexamethylentetramine, orthoborate-3-amino-1-propanol, steel 10, 3% sodium chloride solution, gravimetric, electrochemical, method, corrosion rate, degree of protection, anode action inhibitor, corrosion-mechanical damage.

Citation. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestrjaeva L. Sh., Sadaddinov Sh. V., Kazarin A. S. New corrosion inhibitors for the protection of agricultural machinery. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 365-376 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-39.

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 547:548.736:620.193

НОВЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор

И. В. Фадеев², кандидат технических наук, доцент

Л. Ш. Пестряева³, кандидат педагогических наук, доцент

Ш. В. Садетдинов⁴, доктор химических наук, профессор

А. С. Казарин¹, соискатель

¹Рязанский агротехнологический университет им. П. А. Костычева, Рязань,

²Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

³Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары

⁴Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Дата поступления в редакцию 17.03.2020

Дата принятия к печати 15.08.2020

Исследования выполнены в рамках плана НИР ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева на 2016-2020 гг. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве» в рамках раздела 3.3 «Повышение эффективности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники за счет разработки новых конструкций, методов и средств технического обслуживания, ремонта и диагностирования» (подраздел 3.3.8 «Повышение эффективности использования мобильной сельскохозяйственной техники за счет совершенствования её технической эксплуатации на основе инновационных методов

Аннотация. Представлены результаты исследования противокоррозионной стойкости стали 10 в коррозионной среде и влияние на нее боратсодержащих соединений ортоборатгексаметилентетрамина (ОБГМТА) состава $\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ и ортоборат-3-амино-1-пропанола состава $\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$ (ОБАП). Гравиметрическими, электрохимическими исследованиями и коррозионно-усталостными испытаниями установлено, что ингибирующая способность составов смазки для консервационной обработки наружных поверхностей сельскохозяйственной техники с добавкой ОБГМТА и ОБАП повышается в 1,5 раза. Результаты лабораторных и производственных испытаний коррелируют друг с другом и позволяют рекомендовать разработанную смазку, содержащую отработанное моторное масло, ОБГМТА (ОБАП) и воду, к использованию для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии при межсезонном хранении.

Актуальность. Очень часто сельскохозяйственная техника теряет работоспособность вследствие коррозионного разрушения. Борьба с коррозией в сельском хозяйстве, где сконцентрировано свыше 10 % общего металлофонда страны и потери от коррозии составляют 15 % от общих потерь, является одной из актуальных проблем. Для противокоррозионной защиты деталей, разбираемых при ремонте агрегатов и узлов, их моют синтетическими моющими средствами с добавкой ингибиторных присадок. При подготовке к хранению наружные поверхности сельскохозяйственной техники консервируют противокоррозионными смазками, обрабатывают пассивирующими растворами, а также используют противокоррозионные присадки. Для повышения срока службы металлического оборудования путем защиты его от коррозионного разрушения широкое распространение в современной практике получили ингибиторы коррозии металлов, поэтому исследования, направленные на разработку новых, более эффективных композиций ингибиторов с широким ассортиментом характеристик, имеют большое научно-практическое значение и являются особо актуальными для агропромышленного комплекса. Боратсодержащие ингибиторы характеризуются высоким показателем коэффициента торможения коррозии и широким спектром действия по отношению к различным видам коррозии. **Объект.** Объектом исследований являются ортоборатгексаметилентетрамин (ОБГМТА) состава $\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ и ортоборат-3-амино-1-пропанол (ОБАП) состава $\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$ и их

влияние на противокоррозионную устойчивость стали Ст10 в коррозионной среде. **Материалы и методы.** С целью определения возможности использования новых боратсодержащих соединений: ортоборатгексаметилентетрамина (ОБГМТА) состава $\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ и ортоборат-3-амино-1-пропанола состава $\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$ (ОБАП) в качестве ингибиторов коррозии черных металлов в нейтральных средах исследовано их влияние на противокоррозионную устойчивость стали 10 в 3 %-м растворе хлорида натрия. Исследования проведены широко известными гравиметрическим, электрохимическим методами и коррозионно-усталостными испытаниями. Электрохимические исследования проводили с использованием потенциостата П-5848, для исследований была выбрана 0,5 %-я концентрация ОБГМТА и ОБАП как наиболее эффективная. Коррозионно-усталостные испытания проводили на оригинальной установке, которая позволяет создавать циклические напряжения в стальном образце, симметрично изгибая их с частотой 500 цикл/мин. Циклическую прочность стали определяли, используя значения коэффициента запаса циклической прочности на базе $N = 2 \cdot 10^6$ циклов. Противокоррозионные свойства ОБГМТА и ОБАП были определены и в производственных условиях, для чего мы фиксировали продолжительность времени с момента нанесения исследуемых составов смазок до появления первых очагов коррозии на поверхности обработанных элементов сельскохозяйственной техники. **Результаты и выводы.** В коррозионной среде, в качестве которой был использован раствор хлорида натрия, сталь 10 подвергали коррозии. С введением ОБГМТА (ОБАП) в раствор хлорида натрия скорость коррозии стали заметно снижается. Повышение концентрации ОБГМТА и ОБАП в 3%-м растворе хлорида натрия NaCl закономерно снижает скорость коррозии стали, и наибольшее снижение скорости коррозии наблюдается при концентрации 0,5 %, а степень защиты достигает значений 97,22 и 96,80 %. Дальнейшее увеличение концентрации боратсодержащих добавок практически не снижает скорости коррозии стали, то есть не усиливает противокоррозионные свойства раствора. Результаты электрохимических исследований и коррозионно-усталостных испытаний коррелируют с данными, полученными гравиметрическим методом. Производственные испытания защитной способности различных составов смазок с добавками и без добавок ОБГМТА и ОБАП от коррозии сельскохозяйственной техники проводили в СХПК – колхоз им. Ленина Чебоксарского района Чувашской республики. Установлено, что ОБГМТА и ОБАП являются эффективными ингибиторами коррозии в нейтральных средах, так как их присутствие концентрацией 5 г/л в составе противокоррозионной смазки повышает противокоррозионную стойкость обработанной поверхности элементов сельскохозяйственной техники в 1,5 раза. Результаты лабораторных и производственных испытаний позволяют рекомендовать разработанную смазку, содержащую отработанное моторное масло, ОБГМТА (ОБАП) и воду, к использованию для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии при межсезонном хранении.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, защита сельскохозяйственной техники, ортоборатгексаметилентетрамин, скорость коррозии, ингибиторы анодного действия, коррозионно-механическое поражение.

Цитирование. Успенский И. А., Фадеев И. В., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В., Казарин А. С. Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 365-376. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-39.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что в процессе эксплуатации сельскохозяйственная техника очень часто теряет работоспособность вследствие износа, ускоряющегося, в частности, из-за атмосферной коррозии. Применение в сельском хозяйстве минеральных и органических удобрений, гербицидов, пестицидов приводит к ускорению процессов коррозии. Коррозионное разрушение сельскохозяйственной техники происходит как в период его эксплуатации, так и в период его хранения [5, 16].

Для поддержания работоспособного состояния сельскохозяйственной техники и ее эксплуатационных показателей, а также профилактики износа трущихся деталей в сопряжениях проводят ремонт. В технологических процессах ремонта сельскохозяйственных машин предусмотрена наружная мойка самих машин и мойка снятых агрегатов, затем после разборки агрегатов и узлов и мойка отдельных деталей. Для защиты деталей от коррозии их моют растворами синтетических моющих средств с ингибиторными присадками [8, 13]. При подготовке к хранению наружные поверхности сельскохозяйственной техники консервируют противокоррозионными смазками, обрабатывают пассивирующими растворами, а также используют противокоррозионные присадки [6, 12].

Борьба с коррозией в сельском хозяйстве, где сконцентрировано свыше 10 % общего металлофонда страны и потери от коррозии составляют 15 % от общих потерь, является одной из актуальных проблем. Актуальность защиты сельскохозяйственной техники от коррозии обосновывается тем, что металлический фонд, сконцентрированный в агропромышленном комплексе, постоянно растет и расширяется разнообразие коррозионных воздействий на металл [9, 17]. Для повышения срока службы металлического оборудования путем защиты его от коррозионного разрушения широкое распространение в современной практике получили ингибиторы коррозии металлов, поэтому исследования, направленные на разработку новых, более эффективных композиций ингибиторов с широким ассортиментом характеристик, имеют большое научно-практическое значение и являются особо актуальными для агропромышленного комплекса [2, 11]. Определенный интерес представляет изучение боратсодержащих соединений в качестве ингибиторов коррозии, так как они характеризуются высоким показателем коэффициента торможения коррозии и широким спектром действия по отношению к различным видам коррозии.

Материалы и методы. С целью определения возможности использования новых боратсодержащих соединений: ортоборатгексаметилентетрамина (ОБГМТА) состава $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ и ортоборат-3-амино-1-пропанола состава $H_3BO_3 \cdot HO(CH_2)_3NH_2$ (ОБАП) в качестве ингибиторов коррозии стали в нейтральной среде было изучено влияние этих соединений на противокоррозионное поведение стали Ст10 в коррозионной среде, в качестве которой в работе использован 3 %-й раствор хлорида натрия (фоновый раствор). Выбор марки стали обосновывается тем, что в сельском хозяйстве широко используется сталь 10, например, для изготовления деталей роликовых цепей, зерно- и кормодриловок, крепежных изделий и др.

Условия синтеза ОБГМТА и ОБАП, а также их физико-химические характеристики изучены в научных работах [4, 14].

Исследования по влиянию ОБГМТА и ОБАП на противокоррозионную устойчивость углеродистой стали 10 проводили широко известным гравиметрическим методом, методика которого приведена в [18]. Для исследований использовали образцы из листовой стали 10 размером 120×10×1 мм, время выдержки образцов в коррозионно-активной среде (3 %-й раствор NaCl) составляло 10 суток. Методика подготовки образцов и методика проведения экспериментов описаны в [3].

Ингибиторная способность добавок и их эффективность оценивались по потере массы образцов в исследуемых средах с использованием методики по работе [1].

Для электрохимических исследований была выбрана 0,5 %-я концентрация ОБГМТА и ОБАП как наиболее эффективная, поскольку увеличение концентрации изучаемых соединений практически не усиливает их противокоррозионных свойств. Следует отметить, что среда раствора при добавлении боратных ингибиторов остается слабощелочной.

Электрохимические измерения выполняли по методике, изложенной в [7].

Результаты и обсуждение. Результаты изучения влияния концентрации ОБГМТА и ОБАП на скорость коррозии, ингибиторный эффект и степень защиты стали 10 в 3 %-м растворе NaCl за 10 суток приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние концентрации ОБГМТА и ОБАП на скорость коррозии (K), ингибиторный эффект (γ) и степень защиты (Z) стали 10 в 3%-м растворе NaCl за 10 суток

Table 1 – The effect of the concentration of OBHMTA and OBAP on the corrosion rate (K), inhibitory effect (γ) and protection degree (Z) of steel 10 in 3% NaCl solution for 10 days

Ингибитор коррозии / Corrosion inhibitor	Концентрация, мас.% / Concentration, wt. %	$K \cdot 10^{-3}$, г/м ² ·ч	γ	$Z, \%$	pH
NaCl (контроль) /NaCl (control)	3,0	61,24	1,00	0,00	7,0
ОБАП / ОБАР	0,2	12,23	5,01	80,03	7,2
ОБАП / ОБАР	0,3	9,45	6,48	84,57	7,2
ОБАП / ОБАР	0,4	6,47	9,47	89,44	7,3
ОБАП / ОБАР	0,5	1,96	31,25	96,80	7,3
ОБАП / ОБАР	0,6	1,78	34,40	97,10	7,3
ОБГМТА / ОБНМТА	0,2	10,95	5,59	82,12	7,4
ОБГМТА / ОБНМТА	0,3	8,56	7,15	86,06	7,4
ОБГМТА / ОБНМТА	0,4	5,80	10,56	90,53	7,5
ОБГМТА / ОБНМТА	0,5	1,70	36,02	97,22	7,5
ОБГМТА / ОБНМТА	0,6	1,52	48,30	97,52	7,5

Из приведенных в таблице 1 данных следует, что в коррозионной среде, в качестве которой был использован раствор хлорида натрия, сталь 10 подвержена коррозии. С введением ОБГМТА (ОБАП) в раствор хлорида натрия скорость коррозии стали заметно снижается. С повышением концентрации ОБГМТА и ОБАП скорость коррозии стали в 3 %-м растворе хлорида натрия NaCl закономерно снижается и наибольшее снижение скорости коррозии наблюдается при концентрации 0,5 %, а степень защиты достигает значений 97,22 и 96,80 %. Дальнейшее увеличение концентрации боратсодержащих добавок практически не снижает скорости коррозии стали, то есть не усиливает противокоррозионных свойств раствора.

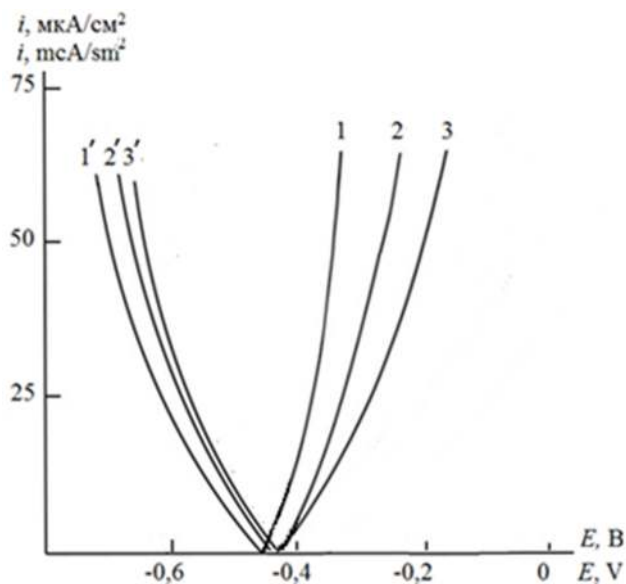


Рисунок 1 – Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали СТ 10: 1'-1 – в 3%-м растворе NaCl; 2'-2 – в 3%-м растворе NaCl + ОБАП; 3'-3 – в 3%-м растворе NaCl + ОБГМТА

Figure 1 – Anodic and cathodic potentiodynamic polarization curves of steel ST10: 1'-1 – in a 3% NaCl solution; 2'-2 – in a 3% solution of NaCl + OBAP; 3'-3 – in a 3% solution of NaCl + OBHMTA

По результатам электрохимических исследований можно утверждать, что ОБГМТА и ОБАП являются преимущественно ингибиторами анодного действия, так как они не оказывают существенного влияния на катодную поляризуемость стали, что хорошо согласуется с литературными данными [19]. На рисунке 1 приведены экспериментально полученные анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали 10 в испытываемых средах.

В коррозионной среде (3%-м растворе NaCl) сталь подвержена коррозии (кривые 1'-1). При достаточных защитных концентрациях ОБГМТА и ОБАП (кривые 2'-2 и 3'-3) потенциалы коррозии стали смещаются в положительную сторону относительно потенциала коррозии ($E_{кор}$) в фоновом электролите.

Результаты гравиметрических и электрохимических исследований коррелируют друг с другом.

Из литературных данных известно [15], что разрушения по причине чисто коррозионных и коррозионно-механических поражений уменьшают циклическую прочность стали, т.е. на базе N имеем:

$$\Delta\sigma_N^{С.М.} = \Delta\sigma_N^{Ч.К.} + \Delta\sigma_N^{К.-М.},$$

где $\Delta\sigma_N^{С.М.}$ – суммарное уменьшение циклической прочности в коррозионной среде; $\Delta\sigma_N^{Ч.К.}$ – уменьшение циклической прочности чисто коррозионными поражениями; $\Delta\sigma_N^{К.-М.}$ – уменьшение циклической прочности коррозионно-механическими поражениями.

При введении ингибитора в коррозионную среду значения обоих разрушающих факторов, снижающих прочность металла, могут измениться.

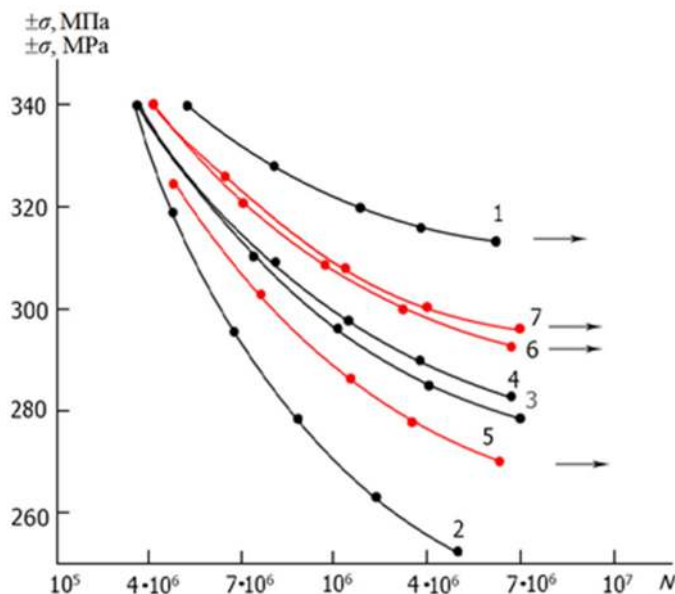


Рисунок 2 – Кривые усталости и коррозионной усталости стали Ст10:

1 – в воздухе; 2 – в 3%-м растворе NaCl; 3 – в 3%-м растворе NaCl + 5 г/л ОБАП; 4 – в 3%-м растворе NaCl + 5 г/л ОБГМТА; 5 – в воздухе после предварительной выдержки в 3%-м растворе NaCl; 6 – в воздухе после предварительной выдержки в 3%-м растворе NaCl + 5 г/л ОБАП; 7 – в воздухе после предварительной выдержки в 3%-м растворе NaCl + 5 г/л ОБГМТА

Figure 2 – Fatigue and corrosion fatigue curves of steel ST10:

1 – in the air; 2 – in a 3% NaCl solution; 3 – in a 3% NaCl solution + 5 g/l OBAP; 4 – in a 3% NaCl solution + 5 g/l OBGMTA; 5 – in air after preliminary exposure to a 3% NaCl solution; 6 – in air after preliminary exposure to a 3% NaCl solution + 5 g/l OBAP; 7 – in air after preliminary exposure in a 3% NaCl solution + 5 g/l OBGMTA

Коррозионно-усталостные испытания в 3%-м растворе хлорида натрия без добавок и с добавками ОБГМТА (ОБАП), результаты которых приведены на рисунке 2 (кривые 1, 2, 3 и 4), проводили на оригинальной установке, которая позволяет создавать циклические напряжения в стальном образце, симметрично изгибая их с частотой 500 цикл/мин. Циклическую прочность стали, согласно [10], определяли, используя значения коэффициента запаса циклической прочности на базе $N = 2 \cdot 10^6$ циклов.

С целью изучения разрушающих факторов, уменьшающих циклическую прочность металла, снимали усталостные кривые на воздухе после предварительной выдержки стали в коррозионных средах (кривые 5, 6 и 7). Полученные данные указывают на то, что суммарная потеря циклической прочности стали Ст10 в 3%-м растворе хлорида натрия на базе испытания $N = 2 \cdot 10^6$ циклов составляет 75,2 12,2 МПа (кривые 1 и 2). Из них 66,4 % (кривые 1, 2 и 5) приходится на чисто коррозионные поражения ($\Delta\sigma_N^{q,k} = 50,1$ МПа) и 33,6 % – на коррозионно-механические ($\Delta\sigma_N^{k-m} = 25,1$ МПа).

Введение ОБГМТА (ОБАП) концентрацией 5 г/л в 3 %-й раствор NaCl снижает эффективность действия разрушающих факторов, тем самым значительно увеличивая циклическую прочность металла (сравнить кривые 2, 3 и 4), следовательно, и коэффициент запаса циклической прочности стали в испытываемых средах, причем в основном уменьшая разрушающий эффект чисто коррозионных, чем коррозионно-механических поражений.

Для выявления возможности применения ОБГМТА и ОБАП в качестве ингибиторных присадок проведены производственные испытания защитной способности различных составов смазок от коррозии сельскохозяйственной техники в СХПК – колхоз им. Ленина Чебоксарского района Чувашской республики, для чего мы фиксировали продолжительность времени с момента нанесения исследуемых составов смазок до появления первых очагов коррозии на поверхности обработанных элементов сельскохозяйственной техники.

Испытаны следующие варианты смазок при соотношении компонентов, мас. %:

- состав 1: отработанное моторное масло – 20,0; вода – остальное.
- состав 2: отработанное моторное масло – 20,0; ОБГМТА (ОБАП) – 0,5; вода – остальное.

Таблица 2 – Результаты исследования влияния ОБГМТА (ОБАП) концентрацией 5 г/л в составах противокоррозионных смазок на коррозионную стойкость обработанных элементов сельскохозяйственной техники

Table 2 – The results of a study of the effect of OBHMTA (OBAP) concentration 5 g/l in the compositions of anticorrosive greases on the corrosion resistance of processed elements of agricultural machinery

Состав противокоррозионных смазок / The composition of anticorrosive greases	Продолжительность времени до появления первых очагов коррозии на поверхности элементов сельскохозяйственной техники, сутки / Length of time before appearance The first foci of corrosion on the surface of the elements of agricultural machinery, day	
	по элементам / by elements	средняя по варианту / option average
Состав 1 / Composition 1	34; 41; 40; 37; 35	37,4
Состав 2 / Composition 2	54; 51; 62; 57; 56	56,0

Проведенные испытания показывают, что введение в отработанное моторное масло боратных присадок (состав 2) позволяет повысить защитную способность смазки почти в 1,5 раза.

Выводы. Результаты лабораторных и производственных испытаний позволяют рекомендовать разработанную смазку, содержащую отработанное моторное масло, ОБ-ГМТА (ОБАП) и воду, к использованию для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии при межсезонном хранении.

Библиографический список

1. Илларионов И. Е., Садетдинов Ш. В. Коррозия черных металлов в средах, имитирующих условия эксплуатации автомобилей // Черные металлы. 2019. № 4. С. 67-72.
2. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники / Н. В. Бышов, С. Д. Полищук, И. В. Фадеев, Ш. В. Садетдинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2(54). С. 265-275.
3. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. А. Борисов, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 360-369.
4. Исследование параметров магнитного поля в рабочей камере индуктора / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Ю. В. Панов, Б. Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2016. № 1. С. 136-142.
5. Кобин С. С., Ретюнских В. Н. Загрязнения сельскохозяйственных машин // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 115-2. С. 177-180.
6. Лисунов Е. А., Миронов Е. Б., Гладцын А. Ю. Процесс образования и развития электрохимической коррозии сельскохозяйственной техники // Аграрный вестник Верхневолжья. 2015. № 4 (12). С. 49-52.
7. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мобильной техники в АПК / Н. В. Бышов, И. В. Фадеев, Г. А. Александрова, Ш. В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 20-24.
8. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В. В. Быков, Б. П. Загородских, Ш. В. Садетдинов, В. М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 358-363.
9. Приходько С. С., Севрюкова Г. А. Влияние антигололедных композиций на окружающую среду города Волгограда // Экологические системы и приборы. 2017. № 7. С. 33-36.
10. Разработка боратфосфатных моющих средств для очистки деталей металлургических машин в ремонтном производстве / И. Е. Илларионов, Д. А. Пестряев, Ш. В. Садетдинов, И. А. Стрельников // Механическое оборудование металлургических заводов. 2019. № 1(12). С. 71-75.
11. Разработка композиции технологической жидкости для увеличения долговечности деталей и узлов транспортных средств / И. В. Фадеев, А. Н. Ременцов, С. М. Мороз, Ш. В. Садетдинов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. №3 (50). С. 90-97.
12. Степанов Н. В., Шуханов С. Н. Новая защитная смазка для хранения сельскохозяйственной техники // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 353-358.
13. Стрельников И. А., Пестряев Д. А., Садетдинов Ш. В. Влияние температуры раствора боратфосфатных моющих средств на качество очистки металла // Механическое оборудование металлургических заводов. 2019. № 2(13). С. 23-28.
14. Тойгамбаев С. К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин // Актуальные проблемы современной науки. 2016. № 3 (88). С. 217-221.
15. Фадеев И. В., Новоселов А. М., Садетдинов Ш. В. Влияние амидоборатного комплекса на коррозию и коррозионную усталость стали Ст.10 // Приволжский научный журнал. 2014. № 3 (31). С. 31-35.
16. Шемякин А. В., Терентьев В. В., Латышенков М. Б. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами // Известия Юго-Западного гос. ун-та. 2016. № 2. С. 89-91.

17. A study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment / O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C. Taravel-Condat // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.

18. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum, A.-K. Kvernbråten, A. Store, T. A. Gustavsen, P. I. Lohne, G. W. Karlsen // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

19. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules / T. Matsuda, K. B. Kashi, M. Jensen, V. J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Conclusions. The results of laboratory and production tests allow us to recommend the developed lubricant containing used engine oil, OBHMTA (OBAP) and water for use to protect agricultural machinery from corrosion during off-season storage.

Reference

1. Illarionov I. E., Sadetdinov Sh. V. Korroziya chernyh metallov v sredah, imitiruyuschih usloviya jekspluatacii avtomobilej // Chernye metally. 2019. № 4. P. 67-72.

2. Ingibitor korrozii metallov dlya ispol'zovaniya pri remonte avtotraktornoj tehniki / N. V. Byshov, S. D. Polischuk, I. V. Fadeev, Sh. V. Sadetdinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2(54). P. 265-275.

3. Issledovanie vliyaniya parametrov rabochih tel induktora na koefitsient moschnosti / I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, G. A. Borisov, N. V. Limarenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3 (55). P. 360-369.

4. Issledovanie parametrov magnitnogo polya v rabochej kamere induktora / N. V. Limarenko, V. P. Zharov, Yu. V. Panov, B. G. Shapoval // Vestnik Don. gos. tehn. un-ta. 2016. № 1. P. 136-142.

5. Kobin S. S., Retyunskih V. N. Zagryazneniya sel'skohozyajstvennyh mashin // Novaya nauka: Problemy i perspektivy. 2016. № 115-2. P. 177-180.

6. Lisunov E. A., Mironov E. B., Gladcyu A. Yu. Process obrazovaniya i razvitiya jelektrohimicheskoy korrozii sel'skohozyajstvennoj tehniki // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2015. № 4 (12). P. 49-52.

7. Povyshenie protivokorroziionnyh svojstv rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv dlya mobil'noj tehniki v APK / N. V. Byshov, I. V. Fadeev, G. A. Aleksandrova, Sh. V. Sadetdinov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2019. № 45. P. 20-24.

8. Povyshenie jeffektivnosti mojki detalej pri remonte avtomobilej / V. V. Bykov, B. P. Zagorodskih, Sh. V. Sadetdinov, V. M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). P. 358-363.

9. Prihod'ko S. S., Sevryukova G. A. Vliyanie antigololeдных kompozicij na okruzhayushuyu sredu goroda Volgograda // Jekologicheskie sistemy i pribory. 2017. № 7. P. 33-36.

10. Razrabotka boratfosfatnyh moyuschih sredstv dlya ochistki detalej metallurgicheskikh mashin v remontnom proizvodstve / I. E. Illarionov, D. A. Pestryaev, Sh. V. Sadetdinov, I. A. Strel'nikov // Mehanicheskoe oborudovanie metallurgicheskikh zavodov. 2019. № 1(12). P. 71-75.

11. Razrabotka kompozicii tehnologicheskoy zhidkosti dlya uvelicheniya dolgovechnosti detalej i uzlov transportnyh sredstv / I. V. Fadeev, A. N. Remencov, S. M. Moroz, Sh. V. Sadetdinov // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta (MADI). 2017. №3 (50). P. 90-97.

12. Stepanov N. V., Shuhanov S. N. Novaya zaschitnaya smazka dlya hraneniya sel'skohozyajstvennoj tehniki // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). P. 353-358.

13. Strel'nikov I. A., Pestryaev D. A., Sadetdinov Sh. V. Vliyanie temperatury rastvora boratfosfatnyh moyuschih sredstv na kachestvo ochistki metalla // Mehanicheskoe oborudovanie metallurgicheskikh zavodov. 2019. № 2(13). P. 23-28.

14. Tojgambaev S. K. Sovershenstvovanie processov ochistki detalej ot zagryaznenij pri remonte mashin // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki. 2016. № 3 (88). P. 217-221.
15. Fadeev I. V., Novoselov A. M., Sadetdinov Sh. V. Vliyanie amidoboratnogo kompleksa na korroziyu i korrozionnuyu ustalost' stali St.10 // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. 2014. № 3 (31). P. 31-35.
16. Shemyakin A. V., Terent'ev V. V., Latyshenok M. B. Povyshenie jeffektivnosti protivokorroziionnoj zaschity stykovyh i svarnyh soedinenij sel'skohozyajstvennyh mashin konservacionnymi materialami // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gos. un-ta. 2016. № 2. P. 89-91.
17. A study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment / O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C. Taravel-Condat // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.
18. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum, A.-K. Kvernbråten, A. Store, T. A. Gustavsen, P. I. Lohne, G. W. Karlsen // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.
19. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules / T. Matsuda, K. B. Kashi, M. Jensen, V. J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Authors information

Uspensky Ivan Alekseevich, head of the Department of technical operation of transport of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspensckij@yandex.ru.

Fadeev Ivan Vasilyevich, head of the Department of machine science of the Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 38), candidate of technical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Pestryaeva Lyudmila Sheizdanovna, associate professor of the Department of physical education and sports of the Chuvash State Agricultural Academy (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 31), candidate of pedagogical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Sadetdinov Sheizdan Vazykhovich, professor of the Department of materials science and metallurgical processes of the Chuvash State University named after I. N. Ulyanova (Russia, 428000, Cheboksary, Moskovsky Ave., 15), doctor of chemical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.

Kazarin Alexander Sergeevich, applicant for the degree of candidate of technical sciences at the Department of technical operation of transport of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0507-8563>, Frady@inbox.ru.

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им П. А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspensckij@yandex.ru.

Фадеев Иван Васильевич, заведующий кафедрой машиноведения Чувашского государственного педагогического университет им. И. Я. Яковлева (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Пестряева Людмила Шейиздановна, доцент кафедры физического воспитания и спорта Чувашской государственной сельскохозяйственной академии (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 31), кандидат педагогических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Садетдинов Шейиздан Вазыхович, профессор кафедры материаловедения и металлургических процессов Чувашского государственного университета им. И. Н. Ульянова (РФ, 428000, г. Чебоксары, пр. Московский, 15), доктор химических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.

Казарин Александр Сергеевич, соискатель ученой степени кандидата технических наук при кафедре технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0507-8563>, Frady@inbox.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-40

RESEARCH OF LED LUMINAIRE FOR LOCAL LIGHTING SYSTEMS IN THE AREA OF THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX

I.V. Yudaev, E.A. Shabaev, M.M. Romanovets

*Azov-Black Sea Engineering Institute – the branch of the Federal State Budget
Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University»*

Received 10.07.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

Research devoted justification rational design and operating parameters of the LED luminaire of the local lighting system in the agricultural sector. The paper presents an analysis of the distribution of illumination on the control surface, an assessment of the temperature modes of the LEDs, made working prototypes of luminaire.

Abstract

Introduction. One of the important tasks in different sectors of agriculture is to increase the uniformity of illumination of biological objects in order to increase their productivity. In this direction, the use of local LED lighting systems is promising. The parameters of the luminaires used for local lighting in the field of agro-industrial complex are not always justified. As a result, the cost of the lighting system increases and its efficiency, reliability and practical service life decrease. The aim of the study was to substantiate the rational design and operation parameters of the LED luminaire of the local lighting system, which ensures high uniformity of illumination of the control surface and the permissible temperature regime of the LED operation. **Object.** The object of research is a compact LED luminaire for local LED lighting systems in the agro-industrial complex. **Materials and methods.** Five types of polycarbonate tubes-diffusers with a diameter of 25 mm with different content of impurities in polycarbonate and a separate board with an LED without a diffuser were investigated. The determination of the operating temperature of the LED was made by an indirect method, based on the drift of the luminous flux caused by the heating of the light-emitting crystal on three types of printed circuit boards. The experimental data were processed using the Microsoft Office Excel program. **Results and Conclusions.** It has been established that for a local LED lighting system it is advisable to use polycarbonate luminaires with an average opal impurity when illuminating cages for animals and poultry, and for plant lighting – luminaires made of polycarbonate without impurities. To ensure uniform lighting conditions for poultry cages, the maximum distance between the luminaires of the developed design along the length of the test samples should not exceed 74.53 cm. High uniformity of illumination (1.196 pu) is achieved when using an individual luminaire for each cage. The use of a printed circuit board made of foil-clad fiberglass with a thickness of 1.5 mm and a copper layer of 35 microns is advisable in low-power luminaires, for example, for a local lighting system for cages for animals and poultry, and boards with an aluminum base 1 mm thick and a copper layer of 35 microns – in luminaires of medium and high power, for example, for local plant illumination.

Key words: LED, LED lighting, spot lighting, LED luminaire, lighting uniformity, LED temperature.

Citation. Yudaev I.V., Shabaev E.A., Romanovets M.M. Research of led luminaire for local lighting systems in the agro-industrial complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 376-387 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-40.

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

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

УДК 628.92/.97:[635.1/.8+636/639]

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ОБЛАСТИ АПК

И. В. Юдаев, доктор технических наук, профессор

Е. А. Шабаев, кандидат технических наук, доцент

М. М. Романовец, аспирант

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», Ростовская область, г. Зерноград

Дата поступления в редакцию 10.07.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Одной из важных задач в разных отраслях сельского хозяйства является повышение равномерности освещения биологических объектов с целью увеличения их продуктивности. В данном направлении перспективно применение систем локального светодиодного освещения. Параметры светильников, применяемых для локального освещения в области АПК, не всегда обоснованы. Вследствие чего повышается стоимость системы освещения и снижаются ее эффективность, надежность и практический срок службы. Целью исследования являлось обоснование рациональной конструкции и параметров работы светодиодного светильника системы локального освещения, обеспечивающего высокую равномерность освещения контрольной поверхности и допустимый температурный режим работы светодиода. **Объект.** Объектом исследований является компактный светодиодный светильник для систем локального светодиодного освещения в области АПК. **Материалы и методы.** Исследованы пять видов поликарбонатных труб-рассеивателей диаметром 25 мм с различным содержанием примесей в поликарбонате и отдельная плата со светодиодом без рассеивателя. Определение рабочей температуры светодиода произведено косвенным методом, по дрейфу светового потока, вызванного нагревом светоизлучающего кристалла на трех типах печатных плат. Обработка экспериментальных данных производилась с помощью программы Microsoft Office Excel. **Результаты и выводы.** Установлено, что для системы локального светодиодного освещения целесообразно использовать светильники из поликарбоната со средним содержанием примеси опала при освещении клеток для животных и птицы, а для освещения растений – светильники из поликарбоната без примесей. Для обеспечения условий равномерности освещения клеток для птицы максимальное расстояние между светильниками разработанной конструкции вдоль длины исследуемых образцов не должно превышать 74,53 см. Высокая равномерность освещения (1,196 о.е.) достигается при использовании индивидуального светильника для каждой клетки. Применение печатной платы, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и слоем меди 35 мкм целесообразно в светильниках малой мощности, например, для системы локального освещения клеток для животных и птицы, а платы с алюминиевым основанием толщиной 1 мм и слоем меди 35 мкм – в светильниках средней и высокой мощности, например, для системы локального освещения растений.

Ключевые слова: светодиодное освещение, локальное освещение, светодиодные светильники, равномерность освещения, температура светодиода.

Цитирование Юдаев И. В., Шабаев Е. А., Романовец М. М. Исследование светодиодного светильника для систем локального освещения в области АПК. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 376-387. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние годы широкое распространение в сельском хозяйстве получили системы освещения на основе светодиодных источников света. Этому способствует ряд преимуществ таких источников света: высокая световая отдача, длительный срок службы, компактность и экологичность. Простота управления потоком излучения светодиодов позволяет создавать более эффективные системы освещения и облучения. Основным недостатком светодиодного освещения остается его высокая стоимость.

Одной из важных задач в разных отраслях сельского хозяйства является повышение равномерности освещения биологических объектов с целью увеличения их продуктивности [5-10, 12, 13, 15, 17, 18]. Перспективно в данном направлении применение систем локального светодиодного освещения [5, 10]. В таких системах для повышения равномерности используют большее количество светильников меньшей мощности, которые размещают поблизости от биологических объектов.

Параметры светильников, применяемых для локального освещения в области АПК, не всегда обоснованы [9, 10]. Следствием этого являются завышенная стоимость системы освещения, ее невысокая эффективность и надежность. Часто необходимо, чтобы такие системы обеспечивали высокую равномерность освещения контрольной поверхности. При использовании светодиодных светильников важно, чтобы в рабочем режиме не происходило перегрева светодиодов. Поэтому необходимо уделять особое внимание обоснованию параметров и режимов работы светодиодных светильников для систем локального освещения в области АПК.

Целью исследования являлось обоснование рациональной конструкции и параметров работы светодиодного светильника системы локального освещения, обеспечивающего высокую равномерность освещения контрольной поверхности и допустимый температурный режим работы светодиода.

Материалы и методы. В качестве основного конструктивного элемента светодиодного светильника приняты поликарбонатные трубы-рассеиватели диаметром 25 мм. Исследованы пять опытных образцов поликарбонатных труб-рассеивателей (рис. 1) с различным содержанием примесей в поликарбонате и отдельная плата со светодиодом без рассеивателя. Методика проведения экспериментов по определению коэффициента светопропускания исследуемых образцов рассеивателей и изучения распределения освещенности на контрольной поверхности представлена в литературном источнике [10].

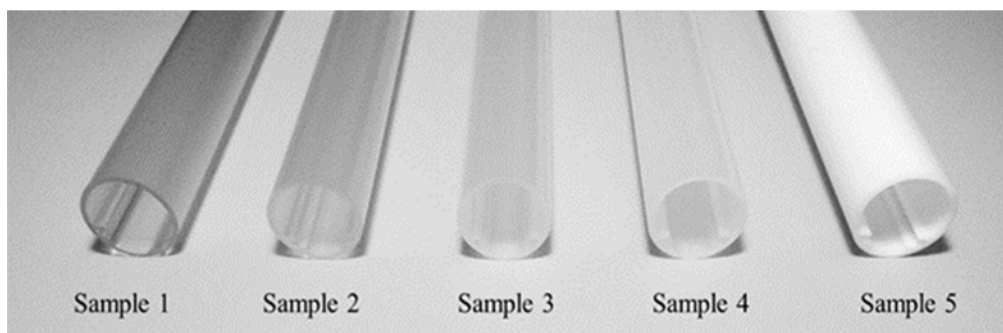


Рисунок 1 – Исследуемые образцы поликарбонатных труб-рассеивателей (Образец 1 – Образец 5)

Figure 1 – Test samples of polycarbonate tubes-diffusers (Sample 1 – Sample 5)

Определение рабочей температуры светодиодов произведено косвенным методом, по дрейфу светового потока, вызванного нагревом светоизлучающего кристалла. Использовались светодиоды средней мощности LM561B Plus фирмы SAMSUNG [11].

Эксперимент проведен на трех типах печатных плат со светодиодами (табл. 2). Плата со светодиодом располагалась в центре светильника с активной длиной 46 мм. Питание светодиода осуществлялось постоянным стабилизированным током 130 мА от лабораторного блока питания. Чувствительный элемент люксметра ТКА-Люкс находился на расстоянии 50 см от центра светоизлучающей поверхности светильника. Освещенность измерялась в начальный момент времени включения светодиода и через 30 мин его работы, после выхода освещенности на установившееся значение. Использовались по пять опытных образцов для каждого типа плат.

Методика проведенных измерений учитывала ГОСТ Р 54350-2011. Обработка экспериментальных данных производилась с помощью программы Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Экспериментальные данные по определению коэффициента светопропускания исследуемых образцов рассеивателей представлены в таблице 1 [10]. Распределение освещенности на контрольной поверхности вдоль длины исследуемых образцов (по оси X) приведено на рисунке 2. Данные о распределении освещенности на контрольной поверхности по оси, поперечной длине светильника (ось Y) представлены на рисунке 3.

Таблица 1 – Определение коэффициента светопропускания τ исследуемых образцов

Table 1 – Determination of the light transmission coefficient τ of the studied samples

Номер образца / Sample Number	Описание / Description	E , лк / E , lx	τ , о.е. / τ , p.u.
1	Прозрачный / Transparent	94,3	0,868
2	Опаловый S / Opal S	94,4	0,869
3	Опаловый M / Opal M	79,3	0,730
4	Опаловый L / Opal L	68,6	0,632
5	Белый / White	42,4	0,390
6	Плата без рассеивателя / Board without diffuser	108,6	1,000

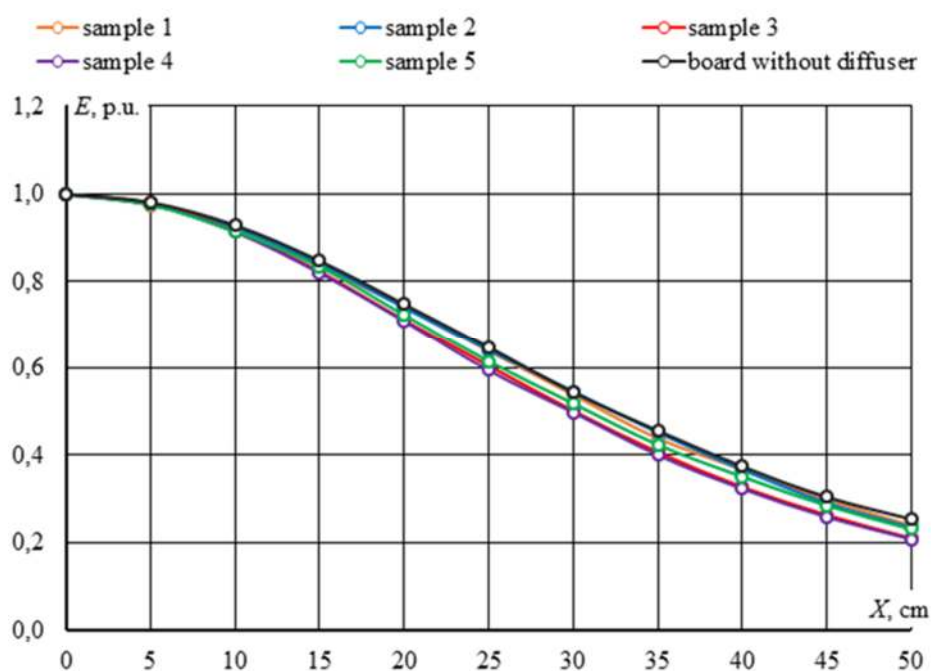


Рисунок 2 – Распределение освещенности на контрольной поверхности по оси X

Figure 2 – Distribution of illumination on the control surface along the X axis

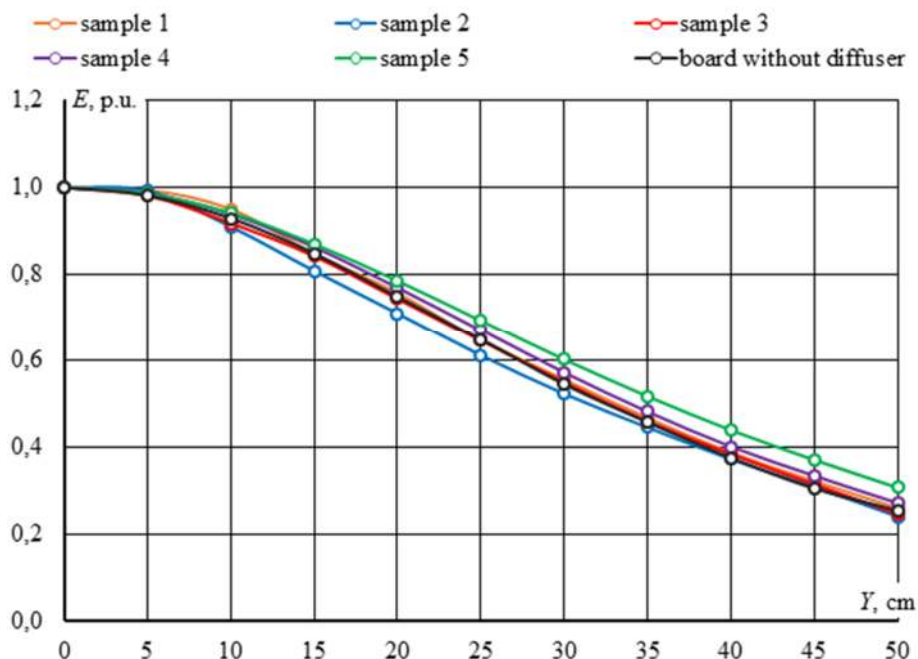


Рисунок 3 – Распределение освещенности на контрольной поверхности по оси Y

Figure 3 – Distribution of illumination on the control surface along the Y axis

Анализ светопропускания и кривых распределения освещенности исследуемых образцов труб-рассеивателей. Содержание добавочных примесей в поликарбонате существенно сказывается на коэффициенте светопропускания опытных образцов труб-рассеивателей ($\tau=0,87\dots0,39$, таблица 1). Влияние материала образца на форму кривых изменения освещенности на контрольной поверхности по оси X (рисунок 2) – незначительное. Форма данных кривых в основном зависит от исходного светораспределения светодиода (кривая «плата без рассеивателя» на рисунке 2).

На форму кривых распределения освещенности по оси Y (рисунок 3) материал образца оказывает более сильное влияние, в особенности на начальный и средний участки. Форма кривых распределения освещенности на контрольной поверхности влияет на равномерность освещения. Наиболее высокая равномерность распределения освещенности по оси Y наблюдается у образцов 4 и 5, низкая – у образца 2 (рисунок 3). Форма остальных кривых распределения освещенности практически совпадает с формой кривой распределения светодиода (кривая «плата без рассеивателя» на рисунке 3).

Низкие значения коэффициента светопропускания у образцов 4 и 5, составляющие 0,632 и 0,390 (таблица 1), снижают КПД светильника.

В системе локального освещения растений целесообразно, с точки зрения энергоэффективности, применение исследуемого образца 1 из прозрачного поликарбоната с высоким коэффициентом светопропускания ($\tau=0,868$, таблица 1). Форма кривой распределения освещенности на контрольной поверхности близка к кривой распределения для светодиода (рисунки 2, 3).

Использование в светильниках материалов высоким коэффициентом светопропускания для систем локального освещения в животноводстве и птицеводстве повышает коэффициент слепящей блескости RG и объединенный показатель дискомфорта UGR. Проявление слепящего эффекта от светодиодных светильников может оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье и продуктивность животных, птицы. Поэтому для данного применения целесообразно использование материалов, которые позво-

ляют более равномерно распределить световой поток от светодиода на светоизлучающей поверхности светильника. Например, в системе локального светодиодного освещения клеток для содержания птицы применен образец 3 с $\tau=0,73$ (таблица 1) [10].

Оценка неравномерности распределения освещенности на контрольной поверхности. Исследования [10] показали, что на кривую распределения освещенности оказывает влияние активная длина светильника. Дальнейшая оценка неравномерности освещенности на контрольной поверхности проводилась на примере светильника с активной длиной 46 мм для системы локального освещения клеток для содержания птицы.

Суммарная освещенность контрольной поверхности и равномерность ее освещения зависит от расстояния между ближайшими светильниками. Для изучения этой зависимости с помощью программы STATISTICA 10 были разработаны математические модели кривых распределения освещенности на контрольной поверхности следующего вида:

$$E = \exp \left\{ -x^2 / \left[k_1 \cdot \ln(|x| + k_2) \right]^2 \right\},$$

где E – освещенность, о.е.; x – координаты по оси X , см; $k_1=8,722$ и $k_2=28$ – коэффициенты модели.

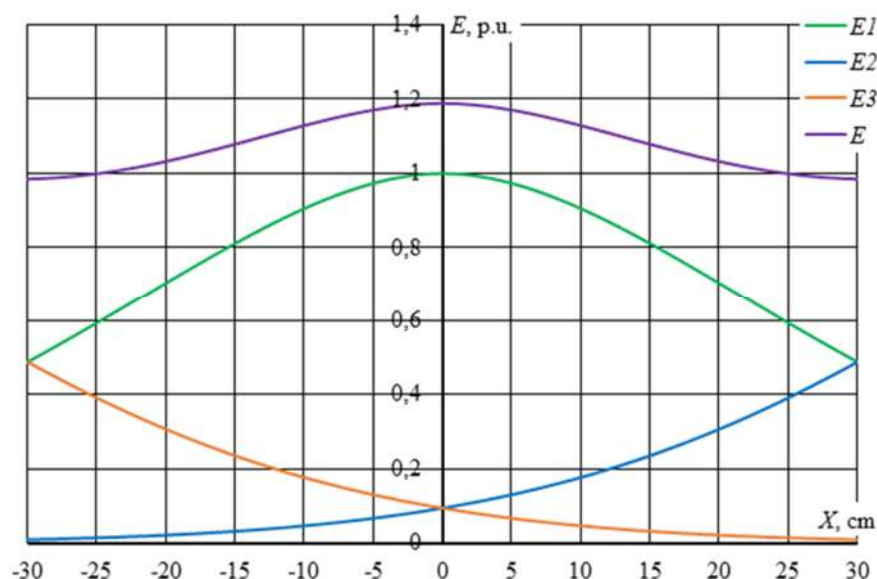


Рисунок 4 – Распределение освещенности (E) на контрольной поверхности с учетом влияния соседних светильников в ряду

Figure 4 – Distribution of illumination (E) on the control surface, taking into account the influence of neighboring luminaires in a row

Пример применения математической модели для изучения распределения освещенности на контрольной поверхности (дно кормушки) вдоль оси X для одного ряда светильников с активной длиной 46 мм при высоте подвеса 50 см и расстоянии между светильниками в ряду, равными 60 см, показан на рисунке 4, где $E1$ – освещенность, создаваемая центральным светильником; $E2$ и $E3$ – освещенности, создаваемые светильниками слева и справа; E – суммарная освещенность.

Суммарная освещенность на контрольной поверхности с учетом влияния соседних светильников в ряду изменяется в пределах 1,189...0,985 о.е. (рисунок 4).

Численно оценить неравномерность распределения освещенности можно с помощью коэффициента предельной неравномерности освещенности $k_{нп}$, который равен предельной равномерности распределения освещенности U_d . В соответствии с СП 52.13330.2016:

$$U_d = E_{\min} / E_{\max},$$

где E_{\min} , E_{\max} – минимальное и максимальное значение освещенности, лк.

В отраслевых нормативных документах, в том числе ОСН-АПК 2.10.24.001-04, отсутствуют нормы коэффициента равномерности освещения сельскохозяйственных зданий и сооружений. В системе локального светодиодного освещения клеток для птицы рекомендуют не превышать коэффициента предельной равномерности освещенности дна кормушки более 1,57 [9]. В растениеводстве также нет точных требований к равномерности освещения. Однако известно, что чем выше равномерность освещения, тем лучше фотосинтезирующая активность растений и соответственно больше их продуктивность [7, 8, 15, 17]. Наилучшая равномерность освещения соответствует $k_{\text{НП}}=1$. По мнению некоторых исследователей [10, 13], достаточным для обеспечения высокой продуктивности биологических объектов является значение коэффициента неравномерности освещенности равное 1,2.

При локальном освещении, применяемом для животных и птицы, уровень освещенности обычно не превышает 100 лк, а высота подвеса светильников составляет около 50 см. Для данных условий вычислено максимальное расстояние между светильниками в ряду $L=74,53$ см, соответствующее $k_{\text{НП}}=1,57$. При $L=60$ см коэффициент неравномерности равен 1,196.

В системе локального освещения растений уровень освещенности составляет более 1000 лк. Точное значение освещенности определяется видом культуры [7, 8, 17]. Освещенность поверхности пропорциональна квадрату расстояния от источника света до контрольной поверхности. Поэтому, с одной стороны, чем меньше высота подвеса светильников, тем большая освещенность создается на поверхности. С другой стороны, уменьшение высоты подвеса должно сопровождаться уменьшением расстояния между светильниками для сохранения равномерности освещения, что потребует большего их количества в системе освещения. Например, уменьшение высоты подвеса светильников с 50 см до 25 см позволяет повысить освещенность в 4 раза, при этом значение $k_{\text{НП}}$ сохранится при уменьшении расстояния между светильниками примерно в 2 раза (с 60 см до 30 см). При иной высоте подвеса светильников, определяемой технологическими условиями и требуемым уровнем освещенности, отношение высоты подвеса к расстоянию между светильниками в ряду должно составлять 0,83. Если условия применения требует двух и более рядов светильников, тогда рекомендуется располагать их в шахматном порядке. В таком случае допустимое расстояние между светильниками может быть увеличено.

Определение температурного режима работы светодиодов. Современные белые светодиоды средней мощности имеют высокую световую отдачу, достигающую до 220 лм/Вт, и способны работать при токах в 2-3 раза выше номинального значения без существенного снижения эффективности. Поэтому применение таких светодиодов в светильниках систем локального освещения является перспективным.

Важным условием сохранения продолжительного срока службы и работоспособности светильника является обеспечение должного температурного режима работы светоизлучающего кристалла, до 70-80 °С. Хотя полупроводниковый кристалл может работать при температурах до 120 °С.

Повышение температуры светодиода приводит к ускоренной деградации кристалла и люминофора, механическим деформациям внутри корпуса, помутнению первичной оптики, что в конечном счете снижает надежность и срок службы светодиода (рисунок 5).

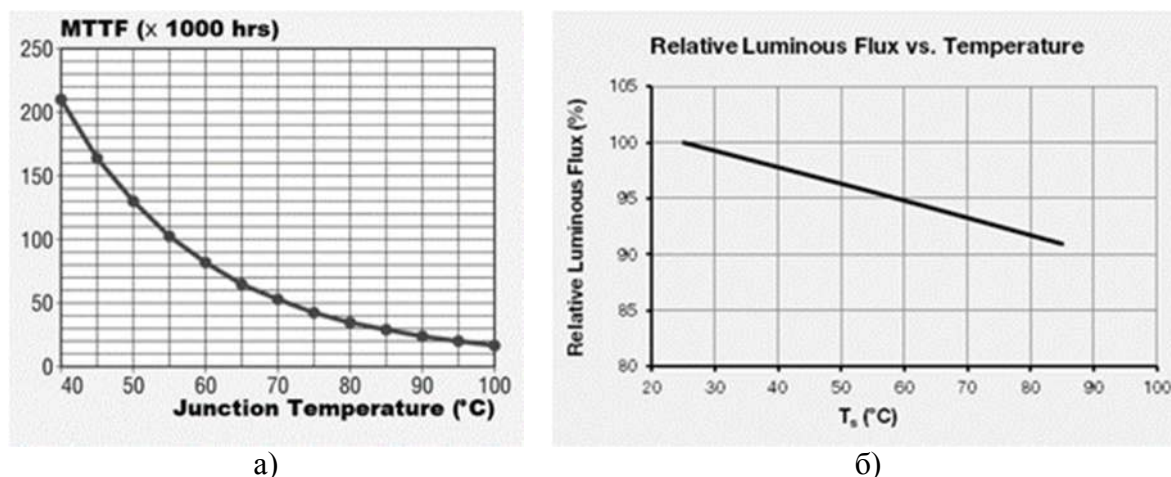


Рисунок 5 – Изменение срока службы (а) [3] и светового потока (б) светодиодов компании SAMSUNG [11]

Figure 5 – Change in the service life (a) [3] and luminous flux (b) of SAMSUNG LEDs [11]

Увеличение светового потока светодиодных светильников возможно за счет повышения рабочего тока светодиодов. Так, для светодиодов LM561B Plus [11] повышение тока в два раза от номинального значения вызывает увеличение светового потока на 87 %, потребляемой мощности в – 2,12 раза (при температуре светодиода 25 °С). Что приводит к снижению световой отдачи на 11,7 %.

На эффективность работы светодиода существенное влияние оказывает температура светоизлучающего кристалла. Повышение тока для светодиодов LM561B Plus в два раза увеличит выделяемую в нем тепловую мощность примерно в 2,42 раза [4], за счет чего процесс нагрева кристалла будет происходить более интенсивно. Например, если при температуре окружающей среды 25 °С для номинального тока 65 мА рабочая температура светоизлучающего кристалла составляет 45 °С, то повышению тока до 130 мА будет соответствовать температура 73,4 °С при неизменных условиях охлаждения.

На условия охлаждения светодиода для принятой конструкции печатной платы (рисунок 6) влияют материал платы, толщина основания платы ($h_{осн}$), толщина слоя меди (h_M), площадь медной охлаждающей поверхности ($S_{охл}$).

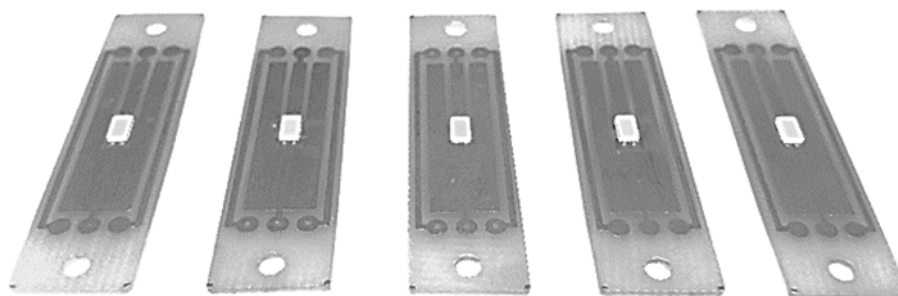


Рисунок 6 – Внешний вид исследуемых плат, изготовленных из фольгированного стеклотекстолита

Figure 6 – Appearance of the test boards made of foil-clad fiberglass

Прямое измерение температуры светодиода затруднительно. Существуют различные методы косвенного определения температуры светоизлучающего кристалла [1, 14, 16]. Оценка температурного режима работы светодиода произведена по дрейфу све-

тового потока, вызванного его нагревом (рисунок 5, б). Эксперименты проведены на трех типах плат с одинаковой площадью охлаждающей поверхности (таблица 2). Результаты опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение рабочей температуры светодиодов

Table 2 – Determination of the operating temperature of the LEDs

№ п/п	Материал основания / Base material	$h_{\text{ОСН}}$, мм	$h_{\text{М}}$, мкм	I , мА	$S_{\text{ОХЛ}}$, мм ²	$\Delta E_{\text{СР}}$, %	Δt , °С	$t_{\text{ОКР}}$, °С	t_{J} , °С
1	Стеклотекстолит (FR-4) / Fiberglass (FR-4)	1,0	18	130	117,98	6,29	42,36	25	67,36
2	Стеклотекстолит (FR-4) / Fiberglass (FR-4)	1,5	35	130	117,98	4,66	31,38	25	56,38
3	Алюминий (VT-4A2) / Aluminum (VT-4A2)	1,0	35	130	117,98	1,47	9,90	25	34,90

Анализ температурного режима работы светодиода на исследуемых платах. Температура t_{J} светоизлучающего кристалла (таблица 2) для всех плат находится в допустимых пределах, ниже 70 °С. Наибольшее значение температуры (67,36 °С) было зафиксировано на первой плате. Наиболее эффективный теплоотвод предсказуемо обеспечивает плата с алюминиевым основанием.

Первая плата наиболее дешева в производстве. Однако тонкий слой меди ($h_{\text{М}}=18$ мкм), несмотря на значительную площадь охлаждения, менее эффективно отводит теплоту от светодиода. Ее применение можно рекомендовать при невысоких значениях тока и небольшой концентрации светодиодов на плате [2].

Использование платы со слоем меди 35 мкм повышает ее стоимость примерно в 1,5 раза, однако позволяет существенно снизить рабочую температуру светодиода (на 11 °С) по сравнению с 18 мкм. При этом позволяет применять более плотное расположение светодиодов на плате. Имеющийся температурный запас позволяет уменьшить площадь охлаждения под светодиод.

Третья плата с алюминиевым основанием обеспечивает самую низкую рабочую температуру светодиода, которая всего на 10 °С выше температуры окружающей среды (таблица 2). Данная плата обладает наибольшей стоимостью (примерно в 6 раз выше стоимости первой платы), что делает ее применение обоснованным в светильниках с высокой концентрацией светодиодов для создания больших значений светового потока.

Целесообразно для системы локального светодиодного освещения использовать светильники из поликарбонатных труб-рассеивателей со средним содержанием примеси опала ($\tau=0,73$) при освещении клеток для животных и птицы, а для освещения растений – светильники из поликарбоната без примесей ($\tau=0,87$). Для обеспечения условий равномерности освещения клеток для птицы максимальное расстояние между светильниками разработанной конструкции вдоль длины исследуемых образцов не должно превышать 74,53 см. Высокая равномерность освещения $k_{\text{НП}}=1,196$ достигается при использовании индивидуального светильника для каждой клетки.

Применение печатной платы, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита с $h_{\text{ОСН}}=1,5$ мм и $h_{\text{М}}=35$ мкм целесообразно в светильниках малой мощности, например, для системы локального освещения клеток для животных и птицы, а платы с алюминиевым основанием с $h_{\text{ОСН}}=1$ мм и $h_{\text{М}}=35$ мкм – в светильниках средней и высокой мощности, например, для системы локального освещения растений.

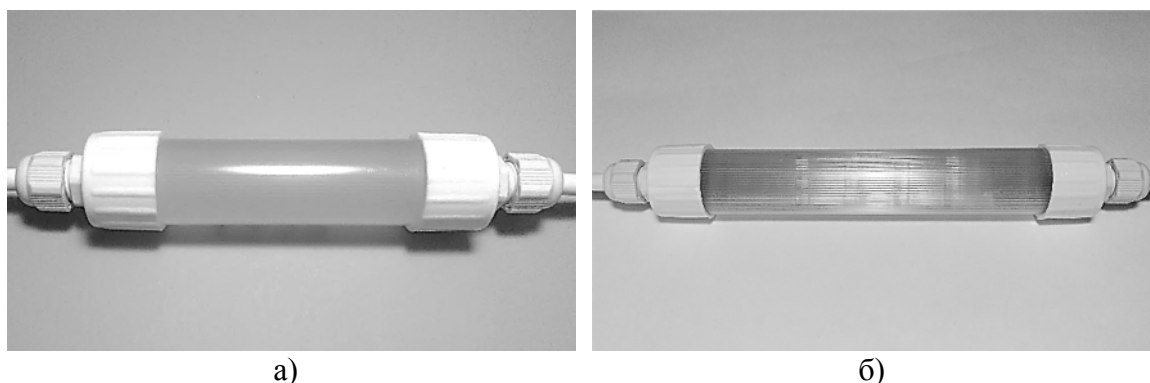


Рисунок 7 – Прототипы компактных светодиодных светильников для систем локального освещения клеток для животных и птицы (а) и растений (б)

Figure 7 – Prototypes of compact LED luminaires for local lighting systems for cages for animals and poultry (a) and plants (b)

Выводы. Практическим результатом проведенного исследования является изготовление рабочих прототипов компактных светодиодных светильников для систем локального освещения объектов АПК (рисунок 7), обеспечивающих высокие значения эффективности и равномерности освещения контрольной поверхности, а также щадящий температурный режим работы светодиодов для продления их срока службы.

Библиографический список

1. Азизян Г. Определение температуры р-п-перехода в светодиодных кластерах и одиночных светодиодах // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 6. С. 31-33.
2. Анализ срока службы светодиодных излучающих элементов / В. С. Солдаткин, Ю. В. Ряполова, К. Н. Афонин, А. Ю. Олисовец, В. И. Туев // Доклады ТУСУРа. 2015. № 3 (37). С. 55-61.
3. Зенков А. Светодиоды Samsung // Современная электроника. 2009. № 5. С. 12-13.
4. Никифоров С. Исследование светодиодов средней мощности от Samsung // Полупроводниковая светотехника. 2013. № 2 (22). С. 41-44.
5. Новый способ светодиодного освещения / А. Кавтарашвили, Е. Новоторов, Д. Гладин, Т. Колокольникова // Животноводство России. 2013. № 1. С. 37-38.
6. Определение параметров светодиодного светильника для освещения животноводческих помещений / Т. А. Широкова, А. П. Ильин, И. И. Иксанов, Л. А. Шувалова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3-1. С. 25-27.
7. Соколов А. В., Юферев Л. Ю. Энергосберегающая система освещения для защищенного грунта // Инновации в сельском хозяйстве. 2014. № 4. С. 78-81.
8. Степанчук Г. В., Ключка Е. П. Энергосберегающие принципы для создания светового режима, повышающие продуктивность фотосинтеза растений защищенного грунта [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ. 2011. № 3 (67). URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/24.pdf>.
9. Шабаев Е. А., Матвиенко Е. Ю. Обоснование параметров светодиодного излучателя системы освещения в птичнике с клеточным содержанием птицы // Вестник магистратуры. 2017. № 5-1 (68). С. 7-12.
10. Шабаев Е. А., Романовец М. М., Сагунов С. А. Обоснование конструкции компактного светодиодного светильника системы локального освещения клеток для содержания птицы [Электронный ресурс] // АгроЭкоИнфо. 2019. № 4. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/4/st_418.doc.
11. Data Sheet LM561B Plus CRI80 Rev. 8.5. 2019. URL: https://cdn.samsung.com/led/file/resource/2019/04/Data_Sheet_LM561B_Plus_CRI80_Rev.8.5.pdf.
12. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: Revisiting the enigmatic question of why leaves are green / I. Terashima, T. Fujita, T. Inoue, W. S. Chow, R. Oguchi // Plant and Cell Physiology. 2014. Vol. 50 (4). Pp. 684-697. Doi: 10.1093/pcp/pcp034.

13. Kochetkov N. P., Shirobokova T. A., Gallyamova T. R. The lighting device provides uniform lighting horizontal working surface // *Applied Sciences in Europe: tendencies of contemporary development: 4th International Scientific Conference. November 4-5, Stuttgart, Germany, 2013.* Pp. 40-41.
14. Relationships between junction temperature, electroluminescence spectrum and ageing of light-emitting diodes / A. Vaskuri, P. Kärhä, H. Baumgartner, O. Kantamaa, T. Pulli, T. Poikonen, E. Ikonen // *Metrologia*. 2018. Vol. 55. Pp.86-95. URL: <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aaaed2>.
15. Research of green vegetable cultivation technology under photoculture conditions in irradiation chamber / I. V. Yudaev, D. I. Charova, A. S. Feklistov, S. V. Mashkov, S. I. Vasilyev, P. V. Kryuchin, D. N. Morgunov, Y. V. Daus, N. K. Armanov // *Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development* / ed. by V. Kharchenko and P. Vasant. Hershey PA: IGI Global, 2019. Pp. 368-395.
16. Rudenko O. M., Strizhak P. A. Determination of the critical conditions of heat transfer in a LED // *EPJ Web of Conferences*. 2015. Vol. 82 (01036). URL: <https://doi.org/10.1051/epjconf/20158201036>.
17. Small-sized irradiation structures for intensive year-round cultivation of green vegetable crops / I. Yudaev, G. Stepanchuk, O. Kaun, M. Ukraitsev, N. Ponamareva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 403. Iss. 1. № article 012084. Doi: 10.1088/1755-1315/403/1/012084
18. The contribution of different spectral sections to increase fresh weight of boston lettuce / S.-W. Kong, H.-Y. Chung, M.-Y. Chang, W. Fang // *HortScience*. 2015. Vol. 50 (7). Pp. 1006-1010. Doi: 10.21273/hortsci.50.7.1006

Conclusions. The practical result of the study is the production of working prototypes of compact led lamps for horizontal lighting systems of agricultural facilities (figure 7), which provide high values of efficiency and uniformity of illumination of the control surface, as well as a sparing temperature mode of operation of LEDs to extend their service life.

Reference

1. Azizyan G. Opređenje temperatury p-n-perehoda v svetodiodnyh klasterah i odinichnyh svetodiodah // *Poluprovodnikovaya svetotekhnika*. 2012. №. 6. P. 31-33.
2. Analiz sroka sluzhby svetodiodnyh izluchayuschih jelementov / V. S. Soldatkin, Yu. V. Ryapolova, K. N. Afonin, A. Yu. Olisovec, V. I. Tuv // *Doklady TUSURa*. 2015. № 3 (37). P. 55-61.
3. Zenkov A. Svetodiody Samsung // *Sovremennaya jelektronika*. 2009. № 5. P. 12-13.
4. Nikiforov S. Issledovanie svetodiodov srednej moschnosti ot Samsung // *Poluprovodnikovaya svetotekhnika*. 2013. № 2 (22). P. 41-44.
5. Novyj sposob svetodiodnogo osvescheniya / A. Kavtarashvili, E. Novotorov, D. Gladin, T. Kolokol'nikova // *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2013. № 1. P. 37-38.
6. Opređenje parametrov svetodiodnogo svetil'nika dlya osvescheniya zhivotnovodcheskih pomeschenij / T. A. Shirobokova, A. P. Il'in, I. I. Iksanov, L. A. Shuvalova // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2016. № 3-1. P. 25-27.
7. Sokolov A. V., Yuferev L. Yu. Jenergosberegayuschaya sistema osvescheniya dlya zaschischennogo grunta // *Innovacii v sel'skom hozyajstve*. 2014. № 4. S. 78-81.
8. Stepanchuk G. V., Klyuchka E. P. Jenergosberegayuschie principy dlya sozdaniya svetovogo rezhima, povyshayushie produktivnost' fotosinteza rastenij zaschischennogo grunta [Elektronnyj resurs] // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. 2011. № 3 (67). URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/24.pdf>.
9. Shabaev E. A., Matvienko E. Yu. Obosnovanie parametrov svetodiodnogo izluchatelya sistemy osvescheniya v ptichnikakh s kletochnym soderzhanijem pticy // *Vestnik magistratury*. 2017. № 5-1 (68). P. 7-12.
10. Shabaev E. A., Romanov M. M., Sagunov S. A. Obosnovanie konstrukcii kompaktnogo svetodiodnogo svetil'nika sistemy lokal'nogo osvescheniya kletok dlya soderzhanija pticy [Elektronnyj resurs] // *AgrojektoInfo*. 2019. № 4. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/4/st_418.doc.
11. Data Sheet LM561B Plus CRI80 Rev. 8.5. 2019. URL: https://cdn.samsung.com/led/file/resource/2019/04/Data_Sheet_LM561B_Plus_CRI80_Rev.8.5.pdf.
12. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: Revisiting the enigmatic question of why leaves are green / I. Terashima, T. Fujita, T. Inoue, W. S. Chow, R. Oguchi // *Plant and Cell Physiology*. 2014. Vol. 50 (4). Pp. 684-697. Doi: 10.1093/pcp/pcp034.

13. Kochetkov N. P., Shirobokova T. A., Gallyamova T. R. The lighting device provides uniform lighting horizontal working surface // *Applied Sciences in Europe: tendencies of contemporary development: 4th International Scientific Conference*. November 4-5, Stuttgart, Germany, 2013. Pp. 40-41.

14. Relationships between junction temperature, electroluminescence spectrum and ageing of light-emitting diodes / A. Vaskuri, P. Kärhä, H. Baumgartner, O. Kantamaa, T. Pulli, T. Poikonen, E. Ikonen // *Metrologia*. 2018. Vol. 55. Pp.86-95. URL: <https://doi.org/10.1088/1681-7575/aaaed2>.

15. Research of green vegetable cultivation technology under photoculture conditions in irradiation chamber / I. V. Yudaev, D. I. Charova, A. S. Feklistov, S. V. Mashkov, S. I. Vasilyev, P. V. Kryuchin, D. N. Morgunov, Y. V. Daus, N. K. Armyanov // *Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development* / ed. by V. Kharchenko and P. Vasant. Hershey PA: IGI Global, 2019. Pp. 368-395.

16. Rudenko O. M., Strizhak P. A. Determination of the critical conditions of heat transfer in a LED // *EPJ Web of Conferences*. 2015. Vol. 82 (01036). URL: <https://doi.org/10.1051/epjconf/20158201036>.

17. Small-sized irradiation structures for intensive year-round cultivation of green vegetable crops / I. Yudaev, G. Stepanchuk, O. Kaun, M. Ukraitsev, N. Ponamareva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 403. Iss. 1. № article 012084. Doi: 10.1088/1755-1315/403/1/012084

18. The contribution of different spectral sections to increase fresh weight of boston lettuce / S.-W. Kong, H.-Y. Chung, M.-Y. Chang, W. Fang // *HortScience*. 2015. Vol. 50 (7). Pp. 1006-1010. Doi: 10.21273/hortsci.50.7.1006

Information about the authors

Yudaev Igor Viktorovich, Deputy Director for Research work of the Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University (347740, Zernograd, Lenin St., 21), professor Operation of Power Installations and Electrical Machines department, Doctor of Technical Sciences, professor.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>. **E-mail:** etsh1965@mail.ru

Shabaev Evgeny Adimovich, Head of the Department of Operation of Power Installations and Electrical Machines of the Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University (347740, Zernograd, Lenin St., 21), Candidate of Technical Sciences, associate professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2675-0670>. **E-mail:** sea007@rambler.ru.

Romanovets Mikhail Mikhailovich, Assistant of the Department of Operation of Power Installations and Electrical Machines of the Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University (347740, Zernograd, Lenin St., 21).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1945-1744>. **E-mail:** chikamunar@yandex.ru.

Информация об авторах

Юдаев Игорь Викторович, заместитель директора по научной работе Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ (РФ, Ростовская область, Зерноградский р-н, г. Зерноград, ул. им. Ленина, 21), профессор кафедры «Эксплуатация энергетического оборудования и электрические машины», доктор технических наук, профессор.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>. **E-mail:** etsh1965@mail.ru.

Шабает Евгений Адимович, заведующий кафедрой «Эксплуатация энергетического оборудования и электрические машины» Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ (РФ, Ростовская область, Зерноградский р-н, г. Зерноград, ул. им. Ленина, 21), кандидат технических наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2675-0670>. **E-mail:** sea007@rambler.ru.

Романовец Михаил Михайлович, ассистент кафедры «Эксплуатация энергетического оборудования и электрические машины» Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ (РФ, Ростовская область, Зерноградский р-н, г. Зерноград, ул. им. Ленина, 21).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1945-1744>. **E-mail:** chikamunar@yandex.ru.

ENERGY EFFICIENCY OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL EQUIPMENT DURING THE PROCESSING OF ORGANIC LIVESTOCK WASTE

E. V. Timofeev, A. F. Erk

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center
of All-Russian Institute of Mechanization», the branch of «Institute for Engineering
and Environmental Problems in Agricultural Production», Saint Petersburg, Russia*

Received 30.06.2020

Submitted 15.08.2020

Abstract

Introduction. One of the criteria for the efficiency of technologies for the production of cattle meat, milk, pork and poultry is energy indicators. Therefore, the decline in these indicators is of increasing interest. With the intensification of the production of cattle meat, milk, pork and poultry, both the consumption of energy resources and production waste are growing. Recycling of organic waste is also an integral part of the production of livestock and poultry products. Reducing the energy intensity of these processes is an urgent task for agricultural production. The purpose of this work is to conduct an energy assessment of technologies and technical means for processing organic animal waste. **Materials and methods.** Energy assessment of technologies and technical means was carried out using the energy efficiency coefficient K_{EF} . **Results.** As a result, an assessment of the energy efficiency of technologies used in the processing of organic waste of cattle, pigs and poultry was carried out. Identified as the best: for cattle and pig breeding - fractionation and composting technology; for poultry - the technology of tunnel drying and granulation of manure. **Discussion and conclusion.** The research results are significant for the development of technical standards in the framework of the transition to a system of environmental impact regulation based on the system of best available technologies in intensive agricultural production.

Key words: energy supply, energy efficiency, energy intensity, energy and environmental compatibility.

Citation. Timofeev E.V., Erk A.F. Energy efficiency of technologies and technical equipment during the processing of organic livestock waste. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 388-394 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-41.

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 631.531.17-52:633(470.31)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Е. В. Тимофеев, кандидат технических наук

А. Ф. Эрк, кандидат технических наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», филиал «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства», г. Санкт-Петербург, Россия

Дата поступления в редакцию 30.06.2020

Дата принятия к печати 15.08.2020

Актуальность. Одним из критериев эффективности технологий производства мяса крупного рогатого скота, молока, свинины и птицы являются энергетические показатели. Поэтому снижение этих показателей вызывает все больший интерес. При интенсификации производства мяса крупного рогатого скота, молока, свинины и птицы растет как потребление энергетических ресурсов, так и отходов производства. Переработка органических отходов также

является неотъемлемой частью производства продукции животноводства и птицеводства. Снижение энергоемкости данных процессов является актуальной задачей для сельскохозяйственного производства. Цель данной работы – провести энергетическую оценку технологий и технических средств при переработке органических отходов животноводства. **Материалы и методы.** Энергетическую оценку технологий и технических средств проводили с помощью коэффициента энергоэффективности $K_{эф}$. **Результаты.** В результате проведена оценка энергоэффективности технологий, применяемых при переработке органических отходов крупного рогатого скота, свиней и птицы. Определены как наилучшие: для КРС и свиноводства – технология фракционирования и компостирования; для птицеводства – технология туннельной сушки и гранулирования помета. **Обсуждение и заключение.** Результаты исследований имеют значимость для разработки технических нормативов в рамках перехода к системе регулирования воздействия на окружающую среду на основе системы наилучших доступных технологий в интенсивном сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: органические отходы животноводства, переработка отходов животноводства, технологии переработки отходов животноводства.

Цитирование. Тимофеев Е. В., Эрк А. Ф. (2020). Энергоэффективность технологий и технических средств при переработке органических отходов животноводства. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 388-394. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-41.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Решение вопросов энергетической оценки технологий и технических средств при производстве мяса крупного рогатого скота, молока, свинины и птицы является актуальным. Анализ эффективности технологических процессов и технических средств, в том числе и электрооборудования, в сельскохозяйственном производстве традиционно проводят по экономическим факторам. Однако все больший интерес приобретает экологическая оценка [4]. Чистота окружающей среды связана с уменьшением количества выбросов загрязняющих веществ, которые зависят не только от подбора источника генерации энергии, но и уменьшения её потребления, т.е. при наименьшем значении критерия оценки технологий потребления энергоресурсов [2]. Энергоэффективность оборудования в системах энергопотребления является основным фактором оценки по экологическим и экономическим критериям.

Исследованиям в области снижения энергоемкости при производстве сельскохозяйственной продукции широко занимаются ученые в России [1, 5] и за рубежом [8, 9]. Энергетическая оценка проводится при проектировании и сравнительном анализе существующих технологий с целью выявления наиболее привлекательных по наименьшему значению энергоемкости производства [3, 6]. Чистота окружающей среды связана с уменьшением количества выбросов загрязняющих веществ, которые зависят не только от подбора источника генерации энергии, но и от снижения её потребления [7]. Цель работы – провести энергетическую оценку технологий и технических средств при переработке органических отходов животноводства.

Материалы и методы. Исследования проведены по результатам энергетических обследований хозяйств Ленинградской области. Энергетическая оценка переработки органических отходов животноводства и птицеводства проведена с помощью коэффициента энергоэффективности $K_{эф}$.

Коэффициент $K_{эф}$ позволяет оценить энергетическую эффективность технологий и технических средств. Он определяется отношением суммы потребленных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) к объему производства:

$$K_{эф} = \frac{\sum S \cdot K_{исп} \cdot K_{эл} + \sum Q \cdot K_{испт} \cdot K_t + \sum P_{топл} \cdot K_{испмт}}{V}, \quad (1)$$

где S – величина потребления электрической энергии, кВт·ч; $K_{исп}$ – коэффициент годового использования оборудования, ч; $K_{эл}$ – коэффициент перевода кВт·ч в т.у.т.; Q – величина потребления тепловой энергии, ккал; $K_{испт}$ – коэффициент перевода ккал в т.у.т.; K_t – коэффициент годового использования теплового оборудования; $P_{топл}$ – величина потребления моторного топлива, т; $K_{испмт}$ – коэффициент перевода тонны в т.у.т.; V – объем выпускаемой продукции, т.

Энергетическая оценка произведена для основных технологий животноводства и птицеводства, отраженных как наилучшие в справочниках НДТ. Структурная схема рассматриваемых технологий представлена на рисунке 1. Для удобства представления данных названия технологий структурированы и пронумерованы.

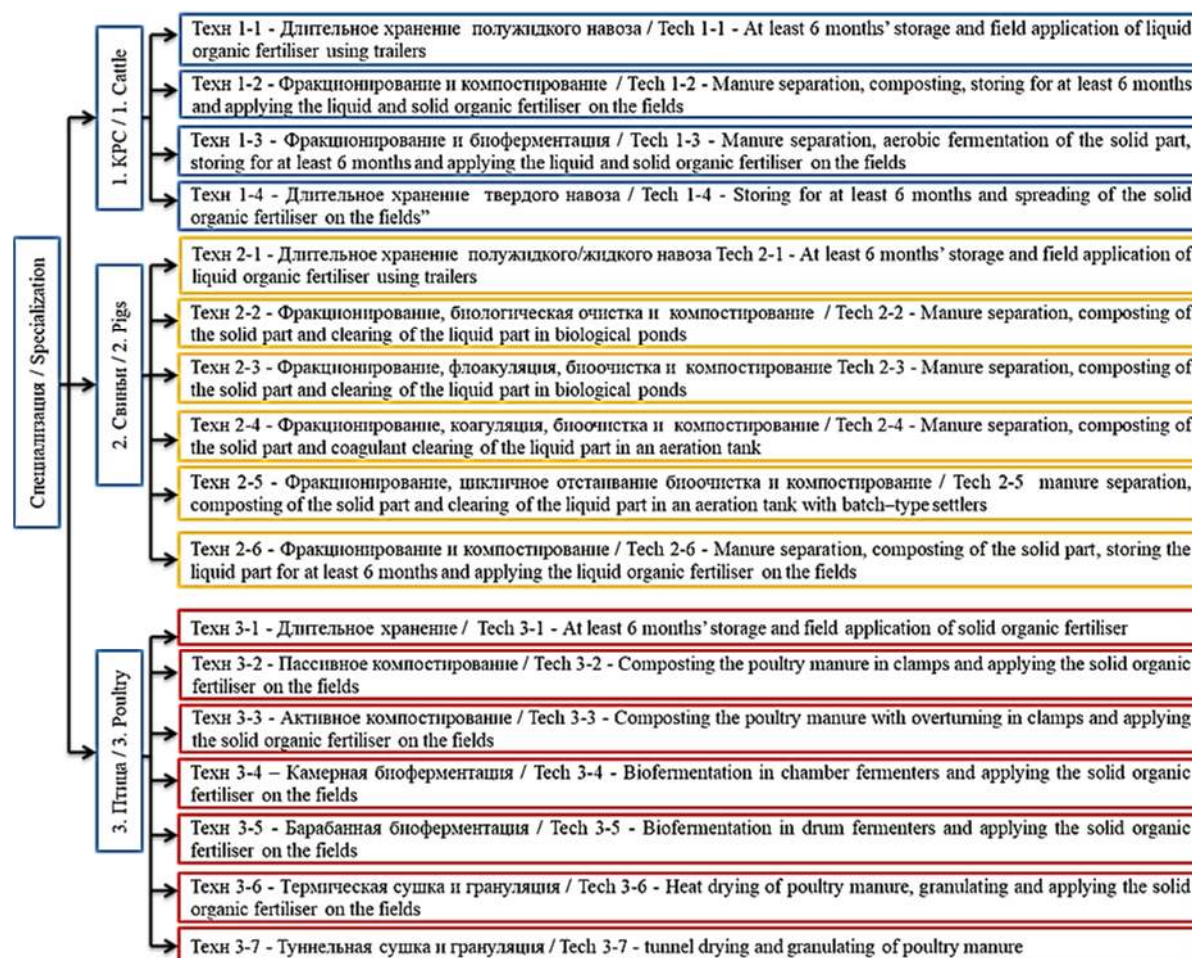


Рисунок 1 – Структурная схема технологий переработки органических отходов животноводства и птицеводства

Figure 1 – Block diagram of technologies for processing the livestock and poultry organic waste

Результаты и обсуждение. По результатам энергетической оценки различных технологий обработки органических отходов на фермах КРС, свиней и птицы получены коэффициенты энергоэкологичности (рисунки 2, 3, 4).

На рисунке 2 представлены результаты оценки технологий переработки органических отходов при выращивании КРС – хозяйство на 1000 голов, выход навоза 25600 т/год, радиус транспортировки – 10 км. В технологии 1-1 использована следующая техника: для

транспортировки в хранилище - Насос PTS-5,5 с мешалкой ТВМ, для транспортировки и внесения на поле – трактор МТЗ-2022 с прицепом МЖУ-16. В технологии 1-2 использована следующая техника: Насос PTS-5,5, мешалка ТВМ, Трактор МТЗ 2022 с прицепом МЖУ-16, Сепаратор FAN PSS-800, погрузчик Амкадор 342, для внесения ТОУ трактор МТЗ-1523 с прицепом МТТ-9. В технологии 1-3 использована следующая техника: Насос PTS-5,5 и мешалка ТВМ, Трактор МТЗ 2022 с прицепом МЖУ, Сепаратор FAN PSS-800, погрузчик Амкадор 342, биоферментатор барабанного типа (ИАЭП), трактор МТЗ 2022 с прицепом МЖУ, трактор МТЗ-1523 с прицепом МТТ-9. В технологии 1-4 использована следующая техника: трактор МТЗ-82,1 с прицепом ПТС-6, погрузчик Амкадор 342, для транспортировки на поле Камаз – 6520, для внесения – трактор МТЗ 1523 с прицепом МТТ-9.

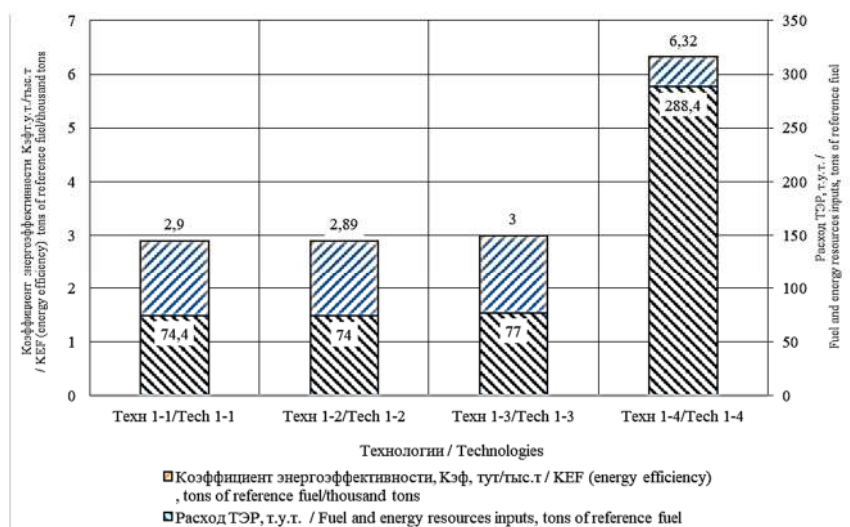


Рисунок 2 – Результаты энергетической оценки технологий переработки навоза КРС

Figure 2 – Results of the energy assessment of cattle manure processing technologies

На рисунке 3 представлены результаты оценки технологий переработки свиного навоза в хозяйстве на 16 500 голов с выходом навоза 54 150 т/год и радиусом транспортировки 30 км.

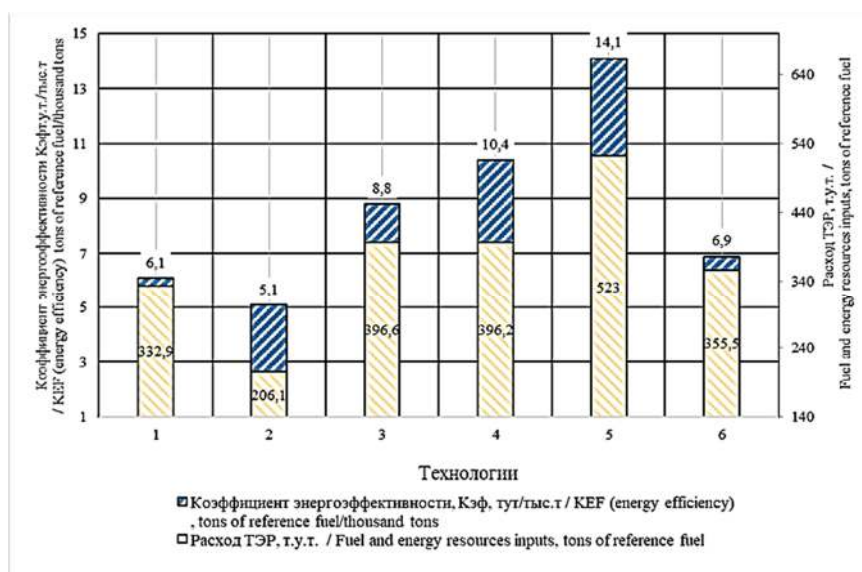


Рисунок 3 – Результаты энергетической оценки технологий переработки свиного навоза

Figure 3 – Results of the energy assessment of pig slurry processing technologies

На рисунке 4 представлены результаты оценки технологий переработки куриного помета на птицефабрике на 1 млн голов с выходом помета 45 625 т/год и радиусом транспортировки 50 км.

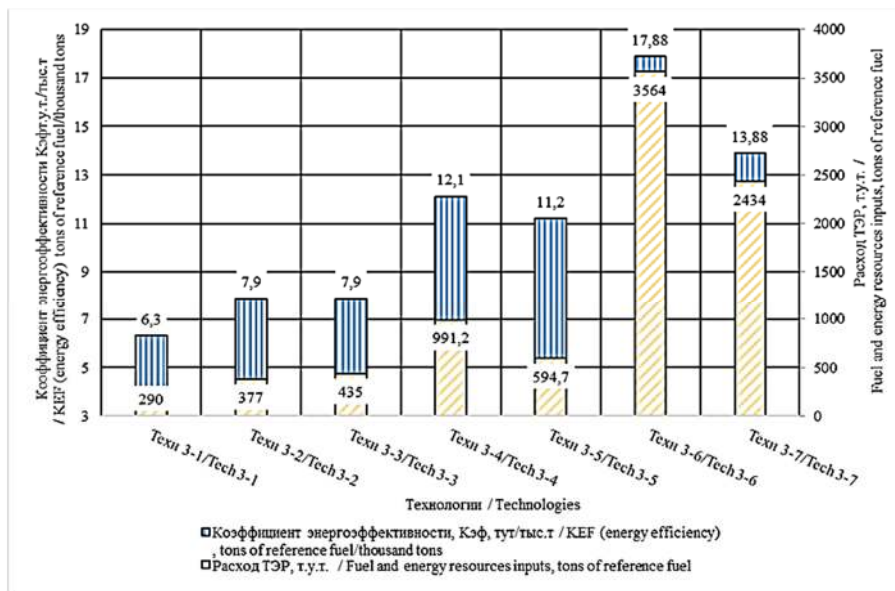


Рисунок 4 – Результаты энергетической оценки технологий переработки куриного помета

Figure 4 – Results of the energy assessment of poultry manure processing technologies

По результатам оценки установлено, что утилизация птичьего помета на основе технологии туннельной сушки и гранулирования наиболее привлекательна как по энергетическим, так и по экологическим показателям среди высокотехнологичных производств. Среди традиционных технологий по энерго-экологическим критериям преимущество имеет технология 3-1 – длительное выдерживание и внесение твердого органического удобрения. В экономическом выражении экономия средств при внедрении технологии туннельной сушки и гранулирования составит 38 млн руб./год по сравнению с остальными рассмотренными технологиями.

Выводы. Снижение негативного воздействия на чистоту окружающей среды зависит от количества выбросов загрязняющих веществ не только от источника генерации энергии, но и от энергоемкости процессов энергопотребления.

На примере оценки технологий утилизации птичьего помета объемом 45 625 т/год на основе комплексного коэффициента определена как наилучшая технология туннельной сушки и гранулирования, для которой затраты на переработку меньше на 38 млн руб./год по сравнению с остальными.

На примере оценки технологий переработки органических отходов свиноводства объемом 54 150 т/год определена наилучшая технология: разделение навоза на фракции, переработка методом пассивного компостирования твердой фракции, очистка жидкой фракции в биологических прудах.

На примере оценки технологий переработки органических отходов КРС объемом 25 600 т/год определена как наилучшая технология разделения на фракции с последующей переработкой твердой фракции методом компостирования и длительным выдерживанием жидкой фракции, и внесением жидкого и твердого органических удобрений.

Результаты исследования могут быть использованы в различных отраслях сельскохозяйственного производства. Выбор оптимальных технологических процессов и состава машин в агросекторе позволит получать дополнительный экономический эффект от снижения затрат на топливно-энергетические ресурсы и обеспечит охрану окружающей среды.

Библиографический список

1. Методы повышения эффективности использования электрической энергии в животноводстве / А. Ф. Эрк, В. Н. Судаченко, Е. В. Тимофеев, В. А. Размук // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 89. С. 23-32. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27338191>.
2. Оптимизация схем энергоснабжения современных сельскохозяйственных предприятий / Е. В. Тимофеев, А. Ф. Эрк, В. Н. Судаченко, В. А. Размук // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 1 (94). С. 63-71. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10008.
3. Ракутько С. А., Иванникова Н. Ю., Хомутова К. И. Процессный подход системного обеспечения энергосбережения потребителя в схемах электроснабжения предприятий // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 2. С. 54-60. DOI: 10.34286/195-4646-2019-65-2-54-60.
4. Ракутько С. А., Ракутько Е. Н. Моделирование и численный анализ энергоэкологичности светокультуры // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 3. С. 11-17. DOI: 10.22314/20737599-2019-13-3-11-17.
5. Тихомиров Д. А., Тихомиров А. В. Распределенные системы энергоснабжения АПК // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 3 (36). С. 3-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41192521>.
6. Air quality, primary air pollutants and ambient concentrations inventory for Romania / G. Nastase, A. Serban, A. Nastase, G. Dragomir, A. Brezeanu // Atmospheric Environment. 2018. Vol. 184. P. 292-303. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.04.034.
7. Environmental assessment of livestock farms in the context of bat system introduction in Russia / A. Yu. Bryukhanov, E. V. Vasilev, N. P. Kozlova, E. V. Shalavina, I. A. Subbotin, S. M. Lukin // Journal of Environmental Management. 2019. V. 246. P. 283-288. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.05.105.
8. Malladi K. T., Sowlati T. Biomass logistics: A review of important features, optimization modeling and the new trends // Renewable & Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 94. P. 587-599. DOI: 10.1016/j.rser.2018.06.052.
9. Xu J. Z., Assenova A., Erokhin V. Renewable Energy and Sustainable Development in a Resource-Abundant Country: Challenges of Wind Power Generation in Kazakhstan // Sustainability. 2018. Vol. 10. DOI: 10.3390/su10093315.

Conclusions. Reducing the negative impact on the cleanliness of the environment depends on the amount of pollutant emissions, not only on the source of energy generation, but also on the energy intensity of energy consumption processes. Based on the assessment of technologies for the utilization of poultry manure with a volume of 45625 t/year, based on a complex coefficient, it is determined as the best technology for tunnel drying and granulation, for which the processing costs are lower by 38 million rubles/year compared to the rest. On the example of evaluating technologies for processing organic waste from pig breeding with a volume of 54150 t / year, the best technology was determined: separation of manure into fractions, processing by passive composting of the solid fraction, purification of the liquid fraction in biological ponds. On the example of evaluating the technologies for processing organic waste of cattle with a volume of 25600 t / year, it was determined as the best technology for separating into fractions with subsequent processing of the solid fraction by composting and long-term holding of the liquid fraction and the introduction of liquid and solid organic fertilizers. The results of the research can be used in various branches of agricultural production. The choice of optimal technological processes and the composition of machines in the agricultural sector will allow obtaining an additional economic effect from reducing the cost of fuel and energy resources and ensuring environmental protection.

References

1. Methods to increase the efficiency of electric power use in livestock farming / A. F. Erk, V. N. Sudachenko, E. V. Timofeev, V. A. Razmuk // Technologies, machines and equipment for mechanised crop and livestock production. 2016. V. 89. P. 23-32. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27338191>.

2. Optimization of power supply schemes of modern agricultural enterprises / E. V. Timofeev, A. F. Erk, V. N. Sudachenko, V. A. Razmuk // Technologies, machines and equipment for mechanised crop and livestock production. 2018. No.1 (94). P. 63-71. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10008 (In Russ.).
3. Rakutko S. A., Ivannikova N. Yu., Khomutova K. I. Process approach of system ensuring of energy saving of the consumer in the power supply circuits of enterprises // The International Technical-Economic Journal. 2019. No. 2. P. 54-60. (In Russ.). DOI: 10.34286/195-4646-2019-65-2-54-60.
4. Rakutko S. A., Rakutko E. N. Simulation and numerical analysis of energy and ecological compatibility of indoor plant lighting // Agricultural Machinery and Technologies. 2019. No.13 (3). P. 11-17. DOI: 10.22314/20737599-2019-13-3-11-17 (In Russ.).
5. Tikhomirov D. A., Tikhomirov A. V. Distributed power systems for agriculture // Electrical engineering and electrical equipment in agriculture. 2019. No.3 (36). P. 3-10. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41192521>.
6. Air quality, primary air pollutants and ambient concentrations inventory for Romania / G. Nastase, A. Serban, A. Nastase, G. Dragomir, A. Brezeanu // Atmospheric Environment. 2018. Vol. 184. P. 292-303. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.04.034.
7. Environmental assessment of livestock farms in the context of bat system introduction in Russia / A. Yu. Bryukhanov, E. V. Vasilev, N. P. Kozlova, E. V. Shalavina, I. A. Subbotin, S. M. Lukin // Journal of Environmental Management. 2019. V. 246. P. 283-288. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.05.105.
8. Malladi K. T., Sowlati T. Biomass logistics: A review of important features, optimization modeling and the new trends // Renewable & Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 94. P. 587-599. DOI: 10.1016/j.rser.2018.06.052.
9. Xu J. Z., Assenova A., Erokhin V. Renewable Energy and Sustainable Development in a Resource-Abundant Country: Challenges of Wind Power Generation in Kazakhstan // Sustainability. 2018. Vol. 10. DOI: 10.3390/su10093315.

Authors Information

Timofeev Evgeniy Vsevolodovich, candidate of Sciences (Engineering), senior researcher of the laboratory of Ecological Aspects of Energy Supply of Agricultural Production, 196625 Russia, St. Petersburg, pos. Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3 Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (IEEP – BRANCH OF FSAC VIM), ResearcherID: C-2502-2019, <https://orcid.org/0000-0002-9022-0183>, E-mail: demon_zht84@mail.ru

Erk Andrey Fedorovich, candidate of Sciences (Engineering), head of the laboratory of Ecological Aspects of Energy Supply of Agricultural Production, leading researcher, 196625 Russia, St. Petersburg, pos. Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3 Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (IEEP – BRANCH OF FSAC VIM), Researcher ID: C-2518-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4394-4322>, E-mail: 4666866@bk.ru

Информация об авторах

Тимофеев Евгений Всеволодович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Экология в энергообеспечении сельскохозяйственного производства» Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (РФ, 196625, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), ResearcherID: C-2502-2019, <https://orcid.org/0000-0002-9022-0183>, E-mail: demon_zht84@mail.ru

Эрк Андрей Федорович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией «Экология в энергообеспечении сельскохозяйственного производства», ведущий научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (РФ, 196625, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), ResearcherID: C-2518-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4394-4322>, E-mail: 4666866@bk.ru

DEFINITION OF SPECIFIC ELECTRIC RESISTANCE OF SHEAR FRICTION LININGS OF THE BRAKE PADS RELATIVE TO THE METAL PLATE (CASE)

I.A. Uspensky¹, I.A. Yukhin¹, N.V. Limarenko²,
D.A. Vorobyev¹, O. V. Filyushin¹

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev»*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Technical University», Rostov-on-Don*

Received 21.04.2020

Submitted 14.08.2020

Abstract

Introduction. The safety of operation of any technical system is the main factor determining its effective interaction with the surrounding objects. In particular, the performance of brake systems of motor vehicles is a key factor ensuring road safety, as well as the safety of products transported by them. Accordingly, health assessment of the brake gear with the ability to predict its operational life is an important task. As shown by the analysis of sources, the study and formalization of the process of wear of brake pads of low-tonnage cars of the GAZ-A21 R32 (NEXT) type, there is not enough work devoted to the study of the dependence of the resistivity level on the wear of the brake pad, and this is relevant for science and technology. The purpose of this study is to select approximating functions that adequately describe the experimental dependences of changes in the resistance value of the conductor of the measuring circuit depending on the wear of the brake pad, as well as to offer a circuit design solution for automating the measurement of its current value. **Object.** The object of research is a prototype of disc brake pads with a wear indicator of the friction lining for GAZ-A21 R32 (NEXT) cars. Preliminary experimental studies were conducted on the described layout. The formalization of the brake pad wear process in this study is presented by considering it from an electrical point of view as a measuring circuit characterized by response time, as well as minimizing its systematic errors, which is achieved by introducing it into a consistent mode, in which the total resistance of the oscillating load R_H is matched with the resistance of the power source. The article presents the main analytical dependencies that characterize the behavior of the electrical parameters of the measuring circuit from a physical point of view. However, it is not possible to adequately formalize the process of brake pad wear using analytical models, so to increase the accuracy and reliability of the interpretation of experimental data, the use of statistical modeling, in particular, function approximation, is described. **Results and Conclusions.** In the result of the study established that the approximating function is a first-order polynomial adequately according to the Fisher criterion, characterizes the dependence of the resistance measuring circuit of the car from wear and tear brake pads at a significance level of $\alpha = 0.05$, the correlation coefficient is $r = 0.99$; to prove the dependence of wear of the brake pads of the car GAZ-A21R32 (NEXT) from the resistance measuring circuit; the possibility of using a circuit-based measuring solution in the form of a Grutmacher bridge when the proposed measuring circuit needs to be automated is substantiated.

Key words: *braking process, the light-duty vehicles, the sensor status of the brake system, the friction wear resistance of the braking system.*

Citation. Uspensky I.A., Yukhin I.A., Limarenko N.V., Vorobyev D.A., Filyushin O.V. *Definition of specific electric resistance of shear friction linings of the brake pads relative to the metal plate (case)* Volga Agro-University Comp. 2020. 3 (59). 395-405 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-42.

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 629.11.02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СДВИГА ФРИКЦИОННОЙ НАКЛАДКИ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ ОТНОСИТЕЛЬНО МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНЫ (КОРПУСА)

И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор

И. А. Юхин¹, доктор технических наук, доцент

Н. В. Лимаренко², кандидат технических наук, доцент

Д. А. Воробьев¹, аспирант

О. В. Филюшин¹, магистрант

¹ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет
имени П. А. Костычева

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Дата поступления в редакцию 21.04.2020

Дата принятия к печати 14.08.2020

Актуальность. Безопасность эксплуатации любой технической системы является основным фактором, определяющим её эффективное взаимодействие с окружающими её объектами. В частности, эффективность работы тормозных систем автотранспортной техники является ключевым фактором, обеспечивающим безопасность дорожного движения, а также сохранность перевозимой ими продукции. Соответственно, оценка технического состояния тормозной системы с возможностью прогнозирования её эксплуатационного ресурса является важной задачей. Как показал анализ источников, исследованию и формализации процесса износа тормозных колодок малотоннажных автомобилей типа ГАЗ-А21 R32 (NEXT) посвящено недостаточное количество работ, на основании этого можно сделать вывод, что исследование зависимости величины сопротивления от износа тормозной колодки является актуальным для науки и техники. Целью настоящего исследования является подбор аппроксимирующих функций, адекватно описывающих экспериментальные зависимости изменения величины сопротивления проводника измерительного контура в зависимости от износа тормозной колодки, а также предложение схемотехнического решения автоматизации измерений его текущего значения.

Объект. В качестве объекта исследования выбран прототип дисковых тормозных колодок с индикатором износа фрикционной накладки для автомобилей ГАЗ-А21 R32 (NEXT). На описанном макете проведены предварительные экспериментальные исследования. Формализация процесса износа тормозной колодки в данном исследовании представлена путём рассмотрения его с электрической точки зрения как измерительного контура, характеризуемого временем отклика, а также минимизацией его систематических погрешностей, что достигается путём введения его в согласованный режим, при котором происходит согласование общего сопротивления, характеризующего нагрузку колебательного R_n , с сопротивлением источника питания. В статье приведены основные аналитические зависимости, характеризующие поведение электрических параметров измерительного контура с физической точки зрения. Однако установлено, что адекватно формализовать процесс износа тормозной колодки с помощью моделей аналитической природы не представляется возможным, поэтому для повышения точности и достоверности при интерпретации экспериментальных данных описано использование метода статистического моделирования, в частности аппроксимации функции. **Результаты и выводы.** В результате проведённого исследования установлено, что аппроксимирующая функция в виде полинома первого порядка адекватна по критерию Фишера, характеризует зависимость сопротивления проводника измерительного контура автомобиля от износа тормозной колодки при уровне значимости $\alpha = 0,05$, коэффициент корреляции при этом составляет $r = 0,99$; доказана зависимость износа тормозной колодки автомобиля ГАЗ-А21R32 (NEXT) от сопротивления проводника измерительного контура; обоснована возможность применения схемотехнического измерительного решения в виде моста Грютцмахера при необходимости автоматизации предлагаемого измерительного контура.

Ключевые слова: процесс торможения малотоннажных автомобилей, датчик состояния тормозной системы, износ трением, сопротивление тормозной системы.

Цитирование. Успенский И. А., Юхин И. А., Лимаренко Н. В., Воробьев Д. А. Определение удельного электрического сопротивления сдвигу фрикционной накладки тормозной колодки относительно металлической пластины (корпуса). *Известия НВАУК*. 2020. 3(59). 395-405. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-42.

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. Безопасность движения транспортных средств является важным фактором её долговечной эксплуатации. Существенным элементом, позволяющим это реализовать, является тормозная система. Под эффективным функционированием тормозной системы понимается обеспечение своевременных изменений скоростей движения с соблюдением предъявляемых условий: дистанцирования, остановки, стоянки и т. п. [7, 19, 20].

Процесс эксплуатации транспортных средств связан с непрерывным изменением свойств его элементов, что объясняется протеканием физико-механических и триботехнических процессов.

Исследование и формализация процессов, протекающих при физико-механическом и триботехническом износе тормозных колодок, является важной задачей народного хозяйства, оказывающей влияние на эффективную эксплуатацию всего комплекса наземных транспортно-технологических систем [4, 6, 12, 16, 19].

Поскольку на данный процесс оказывает влияние большое количество факторов, построить единую формализованную с математической и физической точки зрения модель затруднительно. Соответственно, актуальной задачей является создание статистических моделей, адекватно описывающих износ тормозных колодок в зависимости от вида транспортных средств и интерполирующих математически частные экспериментальные исследования внутри области их применения [4-6, 8, 13-16].

Цель исследования – подбор аппроксимирующих функций, адекватно описывающих экспериментальные зависимости изменения величины сопротивления проводника измерительного контура в зависимости от износа тормозной колодки, а также предложение схемотехнического решения автоматизации измерений его текущего значения.

Материалы и методы. В основе работы тормозной системы автомобиля лежит сила трения, воздействие которой на тормозной диск приводит к образованию сил, действующих на тормозные колодки и диск. Тормозная колодка состоит из корпуса и накладки, выполненной из фрикционного материала, формованного на металлической пластине, с помощью клея [2, 4-6, 8, 11, 13-15]. На рисунке 1 представлена графическая модель тормозной колодки.

В качестве объекта исследования выбран прототип дисковых тормозных колодок с индикатором износа фрикционной накладки для автомобилей ГАЗ-А21 R32 (NEXT). Схема и конструктивное исполнение элемента тормозной системы, сигнализации об износе фрикционной накладки поясняется на рисунке 2, где введены следующие обозначения: 1 – тормозной диск, 2 – тормозная колодка, 3 – датчик износа, выполненный наборным в форме шайб с кольцевыми зубцами конической формы типа «ёрш», 4, 5 – диэлектрические слои, 6, 7, 8 – ферромагнитные слои, 9, 10, 11 – изолированные провода, 12, 13, 14 – сигнальные индикаторы, 15 – аккумулятор.

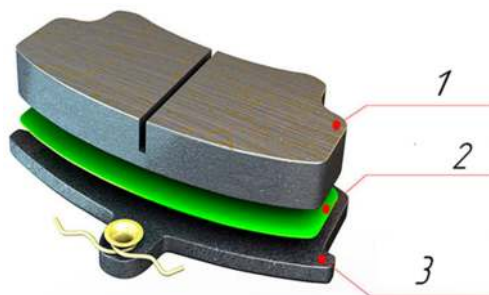


Рисунок 1 – Тормозная колодка: 1 – фрикционный материал; 2 – клей;
3 – металлическая пластина

Figure 1 – Brake pad: 1 – Friction material; 2 – Glue; 3 – Metal plate

Устройство состоит из тормозного диска 1, контактирующего (при торможении) с тормозной колодкой 2, в теле которой жестко закреплен датчик износа 3, прослоенный в поперечном направлении путем чередования диэлектрического 4, 5 и ферромагнитных слоев 6, 7, 8, при этом каждый из ферромагнитных слоев 6, 7, 8 соединен изолированными проводами 9, 10, 11 с одним концом сигнального индикатора 12, 13, 14, соответственно, другой конец которых подсоединен к «плюсу» аккумулятора 15. Токопроводящие сердечники изолированных проводов 9, 10, 11 соединены с соответствующими им ферромагнитными слоями 6, 7, 8, например посредством припоя ПОС-61. Индикаторы 12, 13, 14 располагаются в зоне непосредственной видимости водителя транспортного средства. Характеристики тормозных колодок представлены в таблице 1.

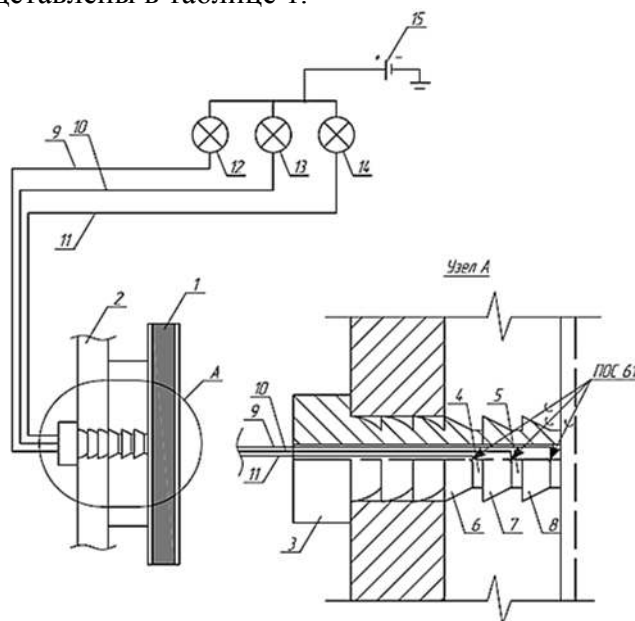


Рисунок 2 – Схема встроенного датчика износа тормозной колодки:
1 – тормозной диск; 2 – тормозная колодка; 3 – датчик износа, выполненный наборным в форме шайб с кольцевыми зубцами конической формы типа «ёрш»;
4, 5 – диэлектрические слои; 6, 7, 8 – ферромагнитные слои; 9, 10, 11 – изолированные провода;
12, 13, 14 – сигнальные индикаторы; 15 – аккумулятор

Figure 2 – Diagram of the built-in brake pad wear sensor:
1 – Brake disc; 2 – Brake pad; 3 – Wear sensor, made in the form of a set of washers with conical ring teeth of the "ruff" type; 4, 5 – Dielectric layers; 6, 7, 8 – Ferromagnetic layers; 9, 10, 11 – Insulated wires; 12, 13, 14 – Signal indicators; 15 – Battery

Таблица 1 – Характеристика тормозной колодки ГАЗ-A21R32(NEXT)

Table 1 – Characteristics of the brake pad GAZ-A21R32(NEXT)

№ п/п	Измеряемый параметр / Measured parameter	ГАЗ-A21 R32 (NEXT)
1	Длина / Length	150 мм / mm
2	Ширина / Width	50 мм / mm
3	Толщина / Thickness	12 мм / mm

Методика определения параметров электрического состояния измерительного контура датчика износа тормозной колодки. С электрической точки зрения эффективность функционирования любого измерительного контура характеризуется временем отклика, а также минимизацией его систематических погрешностей. Обеспечить это условие можно путём введения измерительного контура в согласованный режим, при котором происходит согласование общего сопротивления, характеризующего нагрузку колебательного R_H с сопротивлением источника питания:

$$R_H = R_{BH} + R_{PP},$$

где R_{BH} – внутреннее сопротивление измерительного контура, Ом; R_{PP} – сопротивление проводника датчика, Ом.

Преимуществом данного режима измерительного контура является обеспечение наиболее рациональных параметров электрического состояния измерительного контура. Под электрическим состоянием будем понимать следующие параметры: силу тока и напряжение в цепи измерительного контура, а также полезную мощность.

Сила тока в цепи измерительного контура определяется следующим соотношением:

$$I_{\text{согл}} = \frac{I_{K3}}{2},$$

где I_{K3} – сила тока в цепи измерительного контура в режиме короткого замыкания, А.

Напряжение в цепи измерительного контура при согласовании сопротивлений источника и измерительного контура определяется:

$$U_{\text{согл}} = \frac{E}{2} = \frac{U_{\text{тик}}}{2},$$

где $U_{\text{тик}}$ – напряжение в цепи колебательного контура при тарировке измерительного канала, В.

Зная силу тока и напряжение измерительного контура, определим его полезную мощность, которая в данном режиме должна быть максимальной:

$$P_H = P_{H\max} = \frac{U_{\text{тик}}^2}{4(R_{BH} + R_{PP})}.$$

Общеизвестно, что величина сопротивления проводника измерительного контура прямо пропорциональна произведению удельного сопротивления материала на его длину и обратно пропорциональна площади его сечения. При этом проводник измерительного контура обладает реактивными частотозависимыми составляющими, проявляемыми в виде паразитных ёмкостей и индуктивностей. Взаимосвязь данных составляющих определяется по закону Ома:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{\frac{A_{\text{стор}}}{q}}{\sqrt{R^2 + (2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C})^2}},$$

где E – электродвижущая сила, созданная в цепи измерительного контура, В; Z – полное сопротивление измерительного контура, Ом; $A_{\text{стор}}$ – работа сторонних сил, необходимая для перемещения электрического заряда, Дж; q – минимально допустимая величина электрического

заряда, подвергаемая перемещению в измерительном контуре при согласованном режиме, Кл; R – омическое сопротивление измерительного контура, Ом; f – циклическая частота колебаний электрического тока в цепи измерительного контура, Гц; L – индуктивность измерительного контура, Гн; C – ёмкость измерительного контура, Ф.

Проявление индуктивной составляющей измерительного контура можно оценить с помощью следующего соотношения:

$$I_L = \frac{U}{Z_L} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + 2\pi f L^2}}.$$

Проявление ёмкостной составляющей измерительного контура можно оценить с помощью следующего соотношения:

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{U}{\sqrt{R^2 - \frac{1}{2\pi f C}^2}}$$

Резистивные свойства омической части измерительного контура можно представить как:

$$I_H = \frac{U}{R_H}.$$

Как показал анализ информационных источников [1, 2, 12, 16, 17], эффективность работы измерительных систем подобного класса для прогнозирования их технического состояния и упрощения его представления, информативным является рассмотрение индуктивности и ёмкости измерительного контура как пренебрежимо малых величин. Соответственно, в дальнейшем будем рассматривать только влияние активной части измерительного контура, обладающей резистивными свойствами. Формализовать данный подход возможно при помощи статистических моделей, а также закономерности, являющейся следствием из закона Ома для участка цепи:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}, \text{ Ом}, \quad (1)$$

где ρ – удельное сопротивление материала проводника, Ом·м; l – длина проводника, м; A – площадь сечения проводника, м².

Учитывая исключение индуктивной и ёмкостной составляющих измерительного контура, при необходимости автоматизации измерений с последующим преобразованием сигнала из аналоговой формы в цифровую можно осуществить с использованием мостовых измерительных схем. Наиболее приемлемым вариантом является использование моста Грютцмахера, схема которого представлена на рисунке 3.

Преимуществом данного решения является возможность применения в измерительных контурах ёмкости и индуктивности, величины которых нелинейно зависят от рабочего тока и способны оказывать влияние на параметры его электрического состояния. Применение схмотехнического решения в виде моста Грютцмахера позволяет минимизировать влияние паразитных индуктивностей и ёмкостей на максимизацию величины полезной мощности измерительного контура.

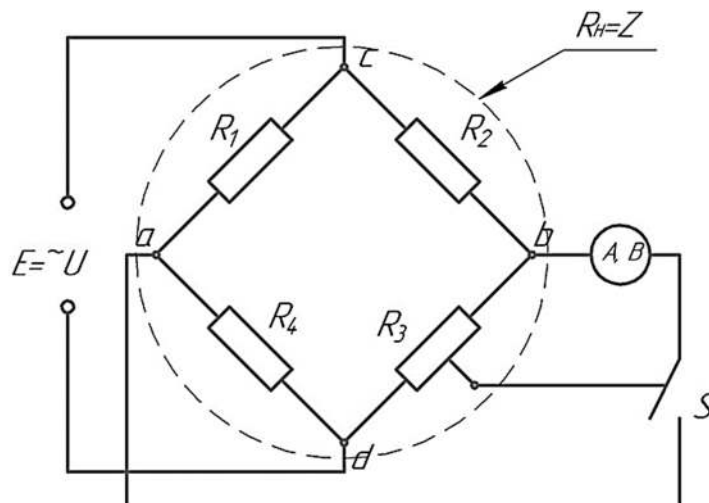


Рисунок 3 – Пример схмотехнического решения моста Грюцмахера при автоматизации измерительного контура датчика износа тормозной колодки

Figure 3 – Example of a schematic solution of the Grutsmacher bridge when automating the measuring circuit of the brake pad wear sensor

Результаты и обсуждение. Поскольку адекватно формализовать процесс износа тормозной колодки с помощью моделей аналитической природы не представляется возможным, то для повышения точности и достоверности при интерпретации экспериментальных данных используем метод статистического моделирования, в частности аппроксимации функции, применение которого описано в работах [3, 9, 10, 18].

В ходе проведённых исследований получено полиномиальное уравнение первого порядка, позволяющее определить сопротивление проводника измерительного контура в зависимости от уровня износа тормозных колодок ГАЗ-А21R32(NEXT):

$$y = -0,452x + 5,4237, \text{ мОм.} \quad (2)$$

Графическая интерпретация модели (2) представлена на рисунке 4.

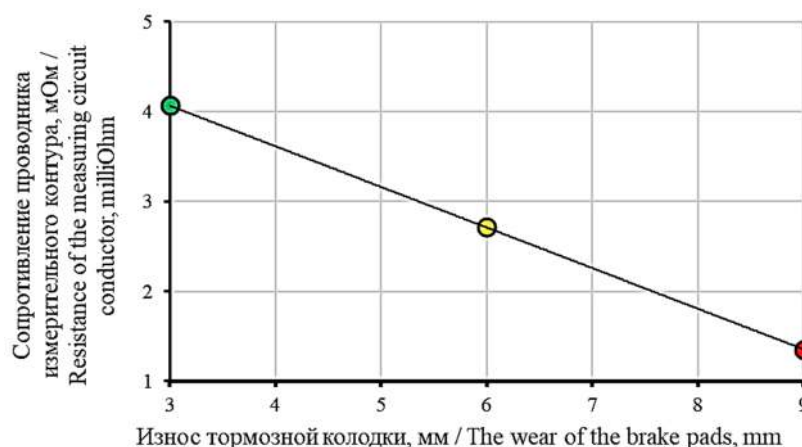


Рисунок 4 – Зависимость сопротивления проводника измерительного контура от износа тормозной колодки ГАЗ-А21R32(NEXT)

Figure 4 – Dependence of the resistance of the measuring circuit conductor on the wear of the brake pad GAZ-A21R32(NEXT)

Выводы. Проанализировав найденную зависимость, описанную моделью (2), и её графическое представление (рисунок 4), можно сделать следующие выводы:

- линейный полином (2) адекватно по критерию Фишера характеризует зависимость сопротивления проводника измерительного контура автомобиля от износа тормозной колодки при уровне значимости $\alpha = 0,05$, коэффициент корреляции при этом составляет $r = 0,99$;
- с увеличением износа тормозной колодки автомобиля ГАЗ-А21R32 (NEXT) сопротивление проводника измерительного контура падает;
- обоснована возможность применения схмотехнического измерительного решения в виде моста Грютцмахера при необходимости автоматизации предлагаемого измерительного контура износа тормозной колодки.

Библиографический список

1. Автоматизация эталонных приборов для линейных измерений / С. С. Степанов [и др.] // Мир измерений. 2019. № 2. С. 10-12.
2. Влияние разницы скорости износа передних и задних тормозных колодок автомобиля на допустимую величину отклонения коэффициента сцепления передних и задних колёс / И. А. Ерасов [и др.] // Фундаментальные исследования. 2015. № 9-3. С. 450-454.
3. Войтенко В. А. Исследование силового взаимодействия в дисковом тормозе с плавающей тормозной колодкой // Бюллетень транспортной информации. 2018. № 10 (280). С. 15-19.
4. Журавлёв В. Ф. О “парадоксе” тормозной колодки // Доклады Академии наук. 2017. Т. 474. № 3. С. 301-302. DOI: 10.7868/S0869565217150075.
5. Зайцева М. М., Напханюк А. В. Диагностика неисправности по внешнему виду тормозных колодок автомобиля // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48). С. 52.
6. Иванова Т. Б., Ермакова Н. Н., Караваев Ю. Л. Экспериментальное исследование динамики тормозной колодки // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471. № 4. С. 421-424. DOI: 10.7868/S0869565216340089.
7. Инновационное устройство для контроля изнашивания тормозных накладок автомобилей сельскохозяйственного назначения / Е. А. Родионова, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. 2019. № 7 (265). С. 30-34. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-7-30-34.
8. Интерактивная диагностика мобильной техники в сельском хозяйстве / В. В. Акимов [и др.] // Международный научный журнал. 2017. № 2. С. 131-132.
9. Кривошея Ю. В. Математическая модель динамического процесса в системе "Тормозной диск - вращающаяся тормозная колодка" // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2018. № 2 (45). С. 52-62.
10. Лимаренко Н. В., Жаров В. П. Влияние температуры на параметры работы индуктора, используемого при обеззараживании материалов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2016. № 1. С. 88-91.
11. Меликсетян Г. Н. Технология изготовления тормозных колодок из фрикционных композитов бастенит-9 // Вестник Национального политехнического университета Армении. Металлургия, материаловедение, недропользование. 2017. № 2. С. 49-57.
12. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК / А. В. Бортник, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. 2019. № 9 (267). С. 33-36. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-9-33-36
13. Перелыгина А. А., Буркова Т. А., Чекулин А. А. Устройства для повышения эффективности диагностирования тормозных систем автомобилей на площадочных тормозных стендах // Научный альманах. 2017. № 5-3 (31). С. 107-108. DOI: 10.17117/na.2017.05.03.107.
14. Перспективные методы диагностирования систем мобильной техники в сельском хозяйстве / В. В. Акимов [и др.] // Международный научный журнал. 2017. № 2. С. 100-105.

15. Повышение надежности техники в сельском хозяйстве на основе применения систем непрерывного диагностирования / Р. В. Безносюк [и др.] // Международный научный журнал. 2017. № 2. С. 112-116.

16. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК / Н. В. Бышов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 142-168.

17. Разработка исходных концепций метрологического обеспечения измерительных и расчетных операций при автоматизации измерений / С. М. Морозов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 87-89. DOI: 10.28983/asj.y2019i4pp87-89.

18. Создание математической модели для оценки энергоёмкости процесса обеззараживания стоков животноводства / Б. Ч. Месхи [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2017. № 4 (Т. 18). С. 129-135. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-4-129-135.

19. Яковлев А. В., Коротаев А. А. Повышение надежности тормозных систем грузовых автомобилей, тракторов и разработка устройства для ремонта тормозных колодок // Молодежь и наука. 2016. № 5. С. 87.

20. Ravlyuk V. G. Investigation of features of dual wear of pads in brake system of freight cars // Наука та прогрес транспорту. 2019. № 2 (80). С. 111-126. DOI: 10.15802/stp2019/166114.

Conclusions. After analyzing the found dependence described by the model (2) and its graphical representation (figure 4), we can draw the following conclusions:

- the linear polynomial (2) adequately characterizes the dependence of the resistance of the conductor of the measuring circuit of the car on the wear of the brake pad at the significance level $\alpha = 0.05$, the correlation coefficient is $r = 0.99$;
- with increasing wear of the brake pad of the GAZ-A21R32 (NEXT) vehicle, the resistance of the measuring circuit conductor decreases;
- the possibility of using a circuit-based measuring solution in the form of a Grutzmacher bridge when it is necessary to automate the proposed measuring circuit for brake pad wear is justified.

Reference

1. Automation of reference devices for linear measurements / S. S. Stepanov, A. V. Petrov, S. B. Tarasov, S. N. Stepanov // The world of dimensions. 2019. No. 2. Pp. 10-12.
2. Influence of the difference in the wear rate of the front and rear brake pads of the car on the permissible deviation of the coefficient of adhesion of the front and rear wheels / I. A. Erasov, Yu. I. Molev, A. D. Strizhak, D. N. Proshin // Fundamental study. 2015. No. 9-3. Pp. 450-454.
3. Voitenko V. A. Investigation of force interaction in a disc brake with a floating brake pad // Bulletin of transport information. 2018. No. 10 (280). Pp. 15-19.
4. Zhuravlev V. F. About the "paradox" of the brake pad // Reports of the Academy of Sciences. 2017. Vol. 474. No. 3. Pp. 301-302. DOI: 10.7868/S0869565217150075.
5. Zaitseva M. M., Napkhanyuk A. V. Diagnostics of malfunction in the appearance of brake pads of the car // Don's engineering Bulletin. 2018. No. 1 (48). P. 52.
6. Ivanova T. B., Yerdakova N. N., Karavaev Yu. L. Experimental study of the dynamics of the brake pad // Reports of the Academy of Sciences. 2016. Vol. 471. No. 4. Pp. 421-424. DOI: 10.7868/S0869565216340089.
7. Innovative device for monitoring the wear of brake linings of agricultural vehicles / E. A. Rodionova, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, V. A. Volchenkova // Machinery and equipment for the village. 2019. No. 7 (265). Pp. 30-34. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-7-30-34.
8. Interactive diagnostics of mobile equipment in agriculture / V. V. Akimov, N. V. Byshov, S. N. Borychev, M. Yu. Kostenko, G. K. Rembalovich, R. V. Beznoyuk // International scientific journal. 2017. No. 2. Pp. 131-132.
9. Krivosheya Yu. V. Mathematical model of dynamic process in the system "Brake disc-rotating brake pad" // Bulletin of the Siberian state University of railway transport. 2018. No. 2 (45). Pp. 52-62.

10. Limarenko N. V., Zharov V. P. Influence of temperature on the parameters of the inductor used in the disinfection of materials // University News. Food technology. 2016. No. 1. Pp. 88-91.
11. Meliksetyan G. N. Technology of manufacturing brake pads from friction composites bastenit-9 // Bulletin of the National Polytechnic University of Armenia. Metallurgy, materials science, and subsurface use. 2017. No. 2. Pp. 49-57.
12. Measures to improve the performance of automotive equipment in on-farm transport in the agro-industrial complex / A. V. Bortnik, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, V. A. Volchenkova // Machinery and equipment for the village. 2019. No. 9 (267). Pp. 33-36. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-9-33-36.
13. Perelygina A. A., Burkova T. A., Chekulin A. A. Devices for improving the efficiency of diagnostics of car brake systems on platform brake stands // Scientific almanac. 2017. No. 5-3 (31). Pp. 107-108. DOI: 10.17117/na.2017.05.03.107.
14. Perspective methods of diagnostics of mobile equipment systems in agriculture / V. V. Akimov, V. V. Fokin, R. V. Beznosyuk, G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko, A. V. Starunsky // International scientific journal. 2017. No. 2. Pp. 100-105.
15. Improving the reliability of equipment in agriculture based on the use of continuous diagnostics systems / R. V. Beznosyuk, V. V. Fokin, N. V. Byshov, S. N. Borychev, G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko // International scientific journal. 2017. No. 2. P. 112-116.
16. Ways of further modernization of vehicles for the agro-industrial complex / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy, I. A. Yukhin, D. S. Ryabchikov, S. N. Kulik // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban state agrarian University. 2016. No. 123. Pp. 142-168.
17. Development of initial concepts of metrological support of measurement and calculation operations in the automation of measurements / S. M. Morozov, K. A. Kuzmin, L. I. Kochetkova, E. V. Balmashnova // Agricultural scientific journal. 2019. No. 4. Pp. 87-89. DOI: 10.28983/asj.y2019i4pp87-89.
18. Creating a mathematical model for assessing the energy intensity of the process of disinfection of animal waste / B. Ch. Meskhi, N. V. Limarenko, V. P. Zharov, B. G. Shapoval // Bulletin of the don state technical University. 2017. No. 4 (Vol. 18). Pp. 129-135. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-4-129-135.
19. Yakovlev A. V., Korotaev A. A. Improving the reliability of brake systems for trucks, tractors and developing devices for repairing brake pads // Youth and science. 2016. No. 5. P. 87.
20. Ravlyuk V. G. Investigation of features of dual wear of pads in brake system of freight cars // Science that progressed. 2019. No. 2 (80). Pp. 111-126. DOI: 10.15802/stp2019/166114.

Authors Information

Uspenskiy Ivan Alekseevich, Head of the Department of Technical Operation of Transport of the Federal state budgetary educational institution of higher education Ryazan state agrotechnological University. P. A. Kostycheva (390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444> **E-mail:** ivan.uspensckij@yandex.ru

Yukhin Ivan Aleksandrovich, Head of the Department of Automotive Engineering and Heat Power Engineering of the Federal state budgetary educational institution of higher education Ryazan state agrotechnological University. P. A. Kostycheva (390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, associate Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928> **E-mail:** ivan.uspensckij@yandex.ru

Limarenko Nikolay Vladimirovich, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and electronics of the Federal state budgetary educational institution of higher education, Don state technical University (344000, southern Federal district, Rostov region, Rostov-on-don, 1 Gagarin square), candidate of technical Sciences. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572> **E-mail:** limarenkodstu@yandex.ru

Vorobyov Denis Andreevich, post-graduate student of the Department of technical operation of transport of the Federal state budgetary educational institution of higher education Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev (390044, Ryazan, Kostycheva str., 1) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4620-0427> **E-mail:** worobey1@mail.ru

Filyushin Oleg Vladimirovich, master's student of the 1st year of study in the direction of training 23.04.03 Operation of transport and technological machines and complexes, Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Contact information: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0663> **E-mail:** olegfil93@mail.ru

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>. **E-mail:** ivan.uspensckij@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой «Автотракторная техника и теплоэнергетика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928> **E-mail:** ivan.uspensckij@yandex.ru

Лимаренко Николай Владимирович, доцент кафедры «Электротехника и электроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» (344000, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572> **E-mail:** limarenkodstu@yandex.ru

Воробьёв Денис Андреевич, аспирант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4620-0427>

E-mail: worobeyl@mail.ru

Филлюшин Олег Владимирович, магистрант 1-го года обучения по направлению подготовки 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0663> **E-mail:** olegfil93@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Овчинников А.С., Островский Н. В., Шишкин В. О., Пахомов А. А., Островский В. В. Развитие безгербицидного рисоводства на основе режима постоянного затопления и автоматизации полива риса Ovchinnikov A. S., Ostrovsky N.V., Shishkin V.O., Pakhomov A.A., Ostrovsky V.V. Development of herbicide-free rice cultivation based on permanent flooding regime and automation of rice irrigation	14
Кружилин И. П. Ганиев М. А., Родин К. А., Невежина А. Б., Воронцова Е.С. Влияние водного и пищевого режимов на рисовый агроценоз при капельном орошении в условиях южного склона Приволжской возвышенности Kruzhilin I.P., Ganiev M.A., Rodin K.A., Nevezhina B.A., Vorontsova E.S. Irrigation of rice during drip irrigation in the conditions of the southern slope of the Volga upland	25
Барабанов А. Т. Роль снегозапасов в формировании поверхностного стока талых вод на сельскохозяйственных землях лесостепной зоны Русской равнины Barabanov A.T. The role of snow reserves in the formation of surface runoff meltwater on agricultural landforest-steppe zone of the Russian plain	34
Шевченко В.А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Критические технологии освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции Shevchenko V. A., Borodychiev V.V., Lytov M.N. Critical technologies for the development of previous land for organic production	45
Ахмедов А. Д., Азиева И. А. Коэффициенты водопотребления при выращивании роз в зимних теплицах Нижнего Поволжья Akhmedov A.D., Azieva I.A. The coefficients of water consumption in roses growing in winter greenhouses of the lower Volga region	61
Беляков А. М., Назарова М. В. Анализ погоды в Волгоградской области за длительный период времени и урожай зерновых культур Belyakov A.M., Nazarova M.V. Analysis of weather in Volgograd region for a long period of time and grain crop	71
Воронина В. П., Шубнова М. В., Вдовенко А. В. Биогеоценоотическая роль <i>Chamaecytisus borysthenticus</i> на песках Нижнего Поволжья Voronina V.P., Subnova M.V., Vdovenko A.V. <i>Chamaecytisus borysthenticus</i> biogeocoenotic role on the Lower Volga region sands	79
Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. Питательная ценность бобово-мятликовых травосмесей на орошаемых землях Нижнего Поволжья Dronova T.N., Burtseva N.I. Nutritional value of bean-bluegrass grass mixtures on irrigated lands of the Lower Volga region	91
Зеленев А. В., Чамурлиев О. Г., Неймышева А. Н., Смутнев П. А. Перспективные сорта проса посевного в условиях Нижнего Поволжья Zelenev A. V., Chamurliiev O.G., Neymysheva A. N., Smutnev P. A. Promising varieties of sowing millet in the Lower Volga region	97
Колебошина Т. Г., Фомин С. Д., Рябчикова Н. Б., Вербитская О. Г. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья Koleboshina T.G., Fomin S.D., Ryabchikova N.B., Verbitskaya O.G. Comparative evaluation of different types of fertilizers and methods of their application while growing graves in the conditions of the Volgograd region	107

Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Эффективность инновационных систем возделывания подсолнечника на южных черноземах Волгоградской области Medvedev G.A., Ekaterinicheva N.G., Tkachenko A.V. The efficiency of innovative sunflower cultivation systems in the southern chernozem soils of the Volgograd region	116
Мушинский А. А., Фомин С. Д., Мережко О. Е., Аминова Е. В. Оценка последствий применения биопрепаратов на морфометрические параметры саженцев яблони Mushinskiy A.A., Fomin S.D., Merezhko O.E., Aminova E.V. Assessment of the aftereffect of the use of biologics on the morphometric parameters of apple seedlings	124
Плескачев Ю. Н., Воронов С. И., Магомедова Д. А. Элементы технологии возделывания различных сортов сафлора красильного Pleskachev Yu. N., Voronov S. I., Magomedova D. A. Elements of cultivation technology of various varieties of safflower dye	134
Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Мультиклассовое распознавание аэрофотоснимков участков сельскохозяйственных полей Rogachev A.F., Melikhova E.V. Multi-class recognition of aerial images of agricultural fields	142
Салугин А. Н., Рыжова Т. А. Гидрофизические характеристики почвы и передвижения влаги в зоне аэрации Salugin A. N., Ryzhova T. A. Hydrophysical characteristics of soil and moisture movement in the aeration zone	152
Терлецкий В. П. Антагонисты бактериальной природы – молекулярно-генетическая идентификации и паспортизация в защите растений. Terletskiy V.P. Antagonists of bacterial origin – molecular and genetic identification and certification in plant protection	163
Турчин Т. Я., Баканов И. А. Структура насаждений государственной защитной лесной полосы Воронеж – Ростов-на-Дону на обыкновенных чернозёмах Turchin T. Y., Bakanov I. A. Structure of planting of the state protective forest belt of Voronezh – Rostov-on-Don on ordinary chernozem soils	173
Чурзин В. Н., Дубовченко А. О. Влияние способов основной обработки на водно-физические свойства чернозема южного и урожайность гибридов подсолнечника Churzin V.N., Dubovchenko A.O. The influence of the main processing methods on the water-physical properties of the southern chernozem and the productivity of sunflower hybrids	181
Юфереv В. Г., Таранов Н. Н. Картографирование инвазивного загрязнения лесов Волго-Ахтубинской поймы с использованием ГИС технологий и результатов дистанционного зондирования Yuferev V.G., Taranov N.N. The mapping of invasive forest pollution in the Volga-Akhtuba floodplain using GIS technologies and results of remote sensing	189
Гиясов К., Сапаев Б., Джураева Л. Т., Тураева Г. С., Подковыров И. Ю. Фунгицидная активность производных бензоксазолинона и бензоксазолинтiona Giyasov Q., Sapaev B., Djuraeva L. T., Turaeva G. S., Podkovyrov I.Yu. Fungicidal activity of benzoxazolinone and benzoxazolinthion derivatives	198
Кошкарова Т. С., Толоконников В. В., Канцер Г. П., Мухаметханова С. С. Модернизация методов семеноводства сортов сои в Нижнем Поволжье Koshkarova T. S., Tolokonnikov V.V., Kantser G.P., Mukhametkhanova S.S. Modernization of seed production methods of soybean varieties in the lower Volga region	205

Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г., Куликова Н. А., Ситкалиев А. П. Оценка эффективности биопрепаратов-деструкторов на микробиологическую активность светло-каштановой почвы под овощными культурами Laptina Yu. A., Gichenkova O. G., Kulikova N. A., Sitkaliev A. P. Evaluation of the effectiveness of biologics-destructors on the microbiological activity of light kashatan soil under vegetable crops	211
Сурхаев Г. А., Сурхаева Г. М., Рыбашлыкова Л. П. Фитопродуктивность хурмы виргинской в опыте листосборных насаждений. Surkhaev G.A., Surkhaeva G.M., Rybashlykova L.P. Phytoproductivity of persimmon virgin in the experience on leaf-collecting plantings	220
Шинкаренко С.С. Геоинформационный анализ пастбищных ресурсов мезоэкотона «Малый сырт - Прикаспийская низменность» Shinkarenko S.S. Geoinformation analysis of pasture resources of ecotone «Small sirt - Caspian lowland»	227
Мещерякова Е. Г., Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В. Исследование поглочительных свойств природных мелиорантов на техногенно нарушенных землях Meshcheryakova E.G., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., Bocharnikova O.V., Research of absorption properties of natural meliorants on technogenic disturbed lands	239
Юфев В. Г., Ткаченко Н. А., Кошелева О. Ю. Роль лесных насаждений в обеспечении устойчивости Волжского бассейна Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Kosheleva O.Yu. The role of forest plantations in ensuring stability of the Volga basin	248
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИКА / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS	
Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Божкова С. Е., Белова Д. С., Воронцова Е. С. Анализ сыропригодности молочного сырья и качества обогащённых сырных продуктов Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Bozhkova S.E., Belova D.S., Vorontsova E.S. Analysis of the cheese suitability of raw milk and the quality of fortified cheese products	258
Просеков А. Ю. Внедрение цифровых технологий в методы учета охотничьих животных Prosekov A.Y. Introduction of digital technologies in methods of accounting for hunting animals	268
Забашта Н. Н., Головкин Е. Н., Лисовицкая Е. П., Высокопоясная А. Н. Принципы организации производства экологически безопасной говядины Zabashhta N.N., Golovko E.N., Lisovitskaya E.P., Vysokoyasnaya A.N. Principles of organization of production of environmentally safe beef	275
Неверов Е. Н., Короткий И. А., Коротких П. С., Гринюк А. Н. Применение диоксида углерода для холодильной обработки мяса с высоким содержанием белка Neverov E.N., Korotkiy I.A., Korotkikh P.S., Grinyuk A.N. Application of carbon dioxide for refrigerated processing of meat with a high protein content	281
Николаев С. И., Шкаленко В. В., Ранделин А. В., Сюльев Л. А., Батракова Ю. М. Влияние минерального гранулированного комплекса на мясную продуктивность, качественные показатели мяса молодняка свиней на откорме Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Randelin A.V., Syulev L. A., Batrakova Yu. M. The Influence of mineral granulated complex on meat productivity, qualitative indicators of the meat of young pigs on fattening	288
Величенко В.В. Косуля Центральной Якутии: численность и особенности охоты Velichenko V.V. The roe deer in Central Yakutia: population and peculiarities of hunting	297

Кочарян В. Д., Авдеенко В. С., Чижова Г. С., Ушакова Ж. Ш. Информативные методы диагностики заболеваний молочной железы и матки в ранний пuer-перальный период	
Kocharyan V.D., Avdeenko V.S., Chizhova G.S., Ushakova J.Sh. Informative methods for the diagnosis of diseases of the breast and uterus in the early puer-peral period	308
Малкова Н. Н., Остякова М. Е., Щербинина С. А., Голайдо Н. С. Биохимический статус стельных коров на фоне применения Se-содержащего и тканевого препаратов	
Malkova N.N., Ostyakova M.E., Scherbinina S.A., Golaydo N.S. Biochemical status of pregnant cows on the background of the use of Se-containing and tissue preparations	317
Николаев С.И., Карапетян А.К., Корнеева О.В., Даниленко И.Ю., Батракова Ю.М. Применение комбикормов с использованием местных кормовых источников при выращивании радужной форели	
Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Korneeva O. V., Danilenko I. Y., Batrakova Yu. M. Application of compound feeds with the use of local feed sources for growing rainbow trout	324

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/ TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING

В. В. Бородычев, Кулик А. К. Балкушкин Р. Н., Гордиенко О. А. Почвенный покров Арчединско-Донского песчаного массива	
Borodychev V.V., Kulik A.K., Balkushkin R.N., Gordienko O.A. Soil cover of the Archeda and Don interfluvial sand massif	334
Дубенок Н. Н., Майер А. В. Теоретическое обоснование разработки универсальной системы орошения	
Dubenok N. N., Mayer A. V. New approaches to irrigation technology for garden crops and vineyards	343
Рогачев А. Ф. Мелихова Е. В., Антамошкина Е. Н. Оценка и прогнозирование сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности на основе нечетких когнитивных математических моделей	
Rogachev A.F., Melikhova E.V., Antamoshkina E.N. Computer implementation of fuzzy cognitive models for predicting food security taking into account import substitution and agricultural production	355
Успенский И. А., Фадеев И. В., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В. Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники	
Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestrjaeva L. Sh., Sadaddinov Sh. V. New corrosion inhibitors for the protection of agricultural machinery	365
Юдаев И. В., Шабаетв Е. А., Романовец М. М. Исследование светодиодного светильника для систем локального освещения в области АПК	
Yudaev I.V., Shabaev E.A., Romanovets M.M. Research of led luminaire for local lighting systems in the agro-industrial complex	376
Тимофеев Е. В., Эрк А. Ф. Энергоэффективность технологий и технических средств при переработке органических отходов животноводства	
Timofeev E.V., Erk A.F. Energy efficiency of technologies and technical equipment during the processing of organic livestock waste	388
Успенский И. А., Юхин И. А., Лимаренко Н. В., Воробьев Д. А., Филюшин О. В. Определение удельного электрического сопротивления сдвигу фрикционной накладки тормозной колодки относительно металлической пластины (корпуса).	
Uspensky I.A., Yukhin I.A., Limarenko N.V., Vorobyev D.A., Filyushin O.V. Definition of specific electric resistance of shear friction linings of the brake pads relative to the metal plate (case)	395
Содержание	406

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2020

**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) (izvestplag@mail.ru).

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 2020

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, 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**

№ 3(59), 2020

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 3 (59), 2020**

Ответственный редактор *Т. В. Черкашина*
Технический редактор *Т. А. Ситникова*
Компьютерная верстка *А. В. Харлашина*
Перевод *Е. А. Сидоровой*

Свидетельство о регистрации: серия ПИ № ФС77-48601 выдано 14.02.2012
Федеральной службой по надзору в сфере в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Издается с 2006 г. Выходит 4 раза в год.

Подписной индекс 31945

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26
Электронная почта izvestiya-vgsha@yandex.ru

Дата выхода 07.10.2020.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 188.

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 № 3 (59), 2020**

Executive editor *T. V. Tcherkashina*
Technical editor *T. A. Sitnikova*
Desktop publishing *A. V. Kharlashin*
Translation *E. A. Sidorova*

Registration certificate: PI series No. FS77-48601 issued on 02.14.2012
Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications
Published since 2006 Published 4 times a year.

Subscription Index 31945

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email izvestiya-vgsha@yandex.ru

Release Date 07.10.2020.

Edition 1000 (first factory 100). Order 188.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University "Niva"
400002, Volgograd, University Avenue, 26

Free price